الجزء الأول

# شُعب الفطريات

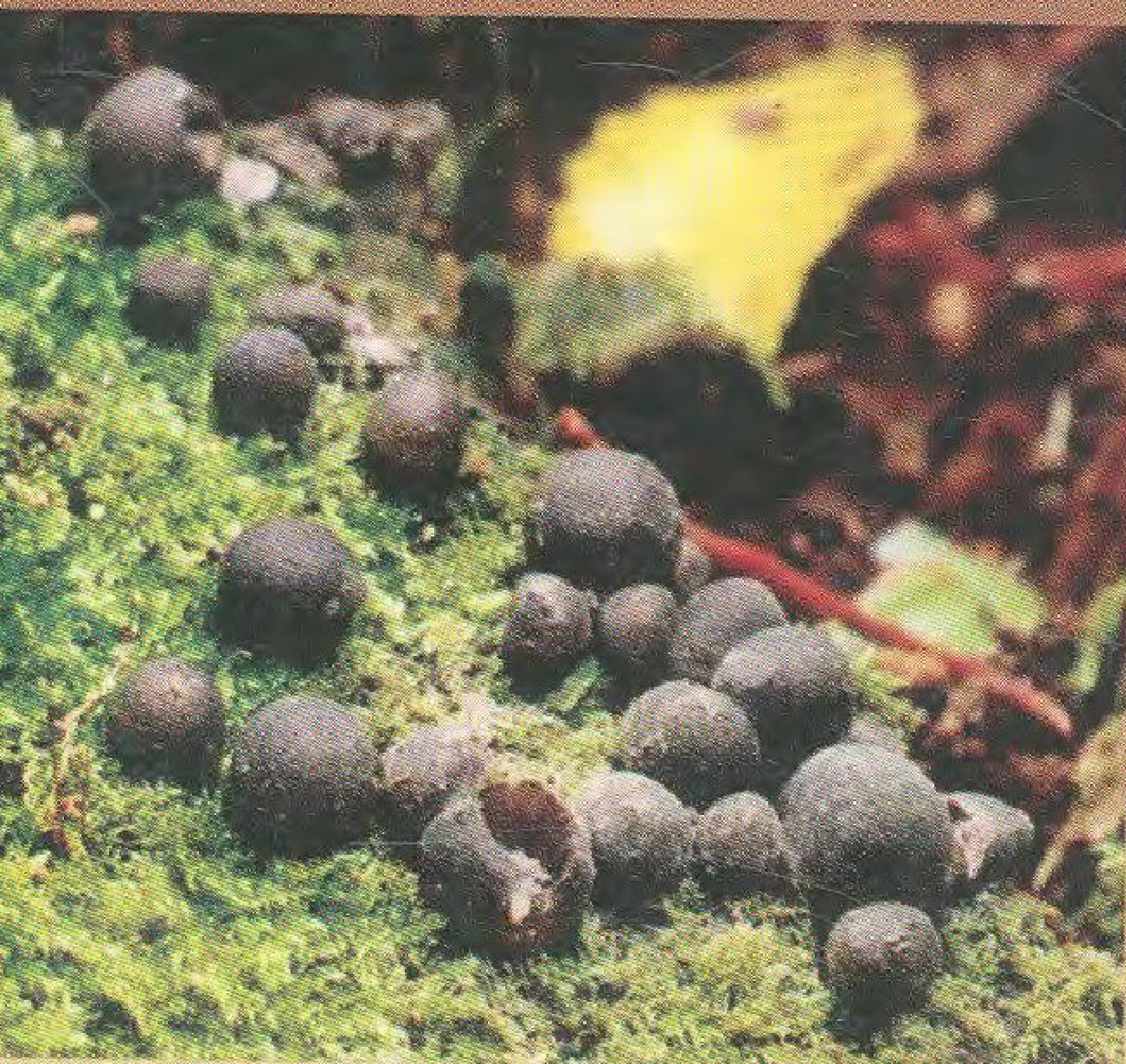
## FUNGAL PHYLA

الأستاذ الدكتور
مصطفى حلمى مصطفى











مكتبة أوزيريس

# شُعـــب الفطريـــات

# FUNGAL PHYLA

## الجزء الأول

مقدمة في علم الفطريات

الشعب التابعة لملكة البروتوزوا

الشعب التابعة لملكة الكروميستا

الأستاذ الدكتور

**مصطفى حلمي مصطفى**

أستاذ أمراض النبات وفسيولوجيا التطفل

كلية الزراعة — جامعة عين شمس

2006

مكتبة أوزيريس

٥٠ ش قصر النيل – القاهرة

رقم الإيداع بدار الكتب: 2005/15816
الترقيـــــم الدولـــــي: 5-70-5189-977

الإخراج الفني وتصميم الغلاف/ عمرو محمد حنفي



**مكتبة أوزيريس**

٥٠ ش قصر النيل – القاهرة

تليفون/ 3911489 – 3961903

E-mail: osiris@menanet.net

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

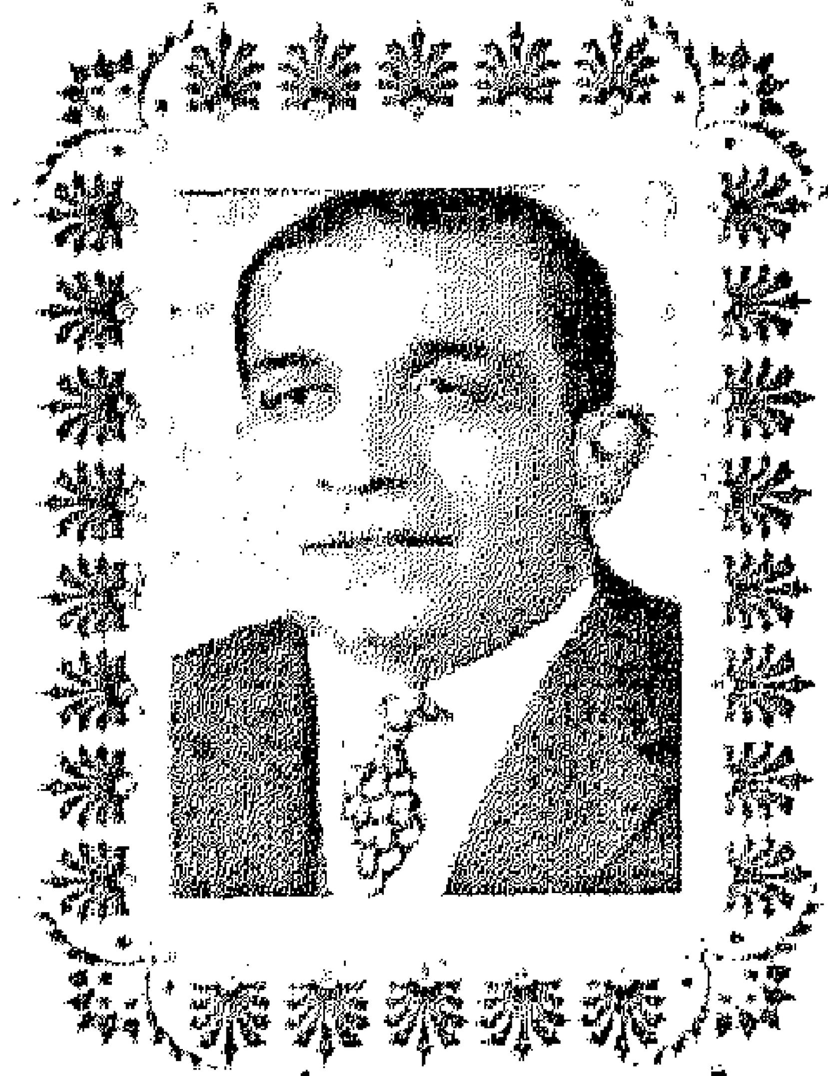
(سُبْحَانَ الَّذِي خَلَقَ الْأَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا
تُنْبِتُ الْأَرْضُ وَمِنْ أَنْفُسِهِمْ
وَمِمَّا لا يَعْلَمُونَ)

(يس: ٣٦)

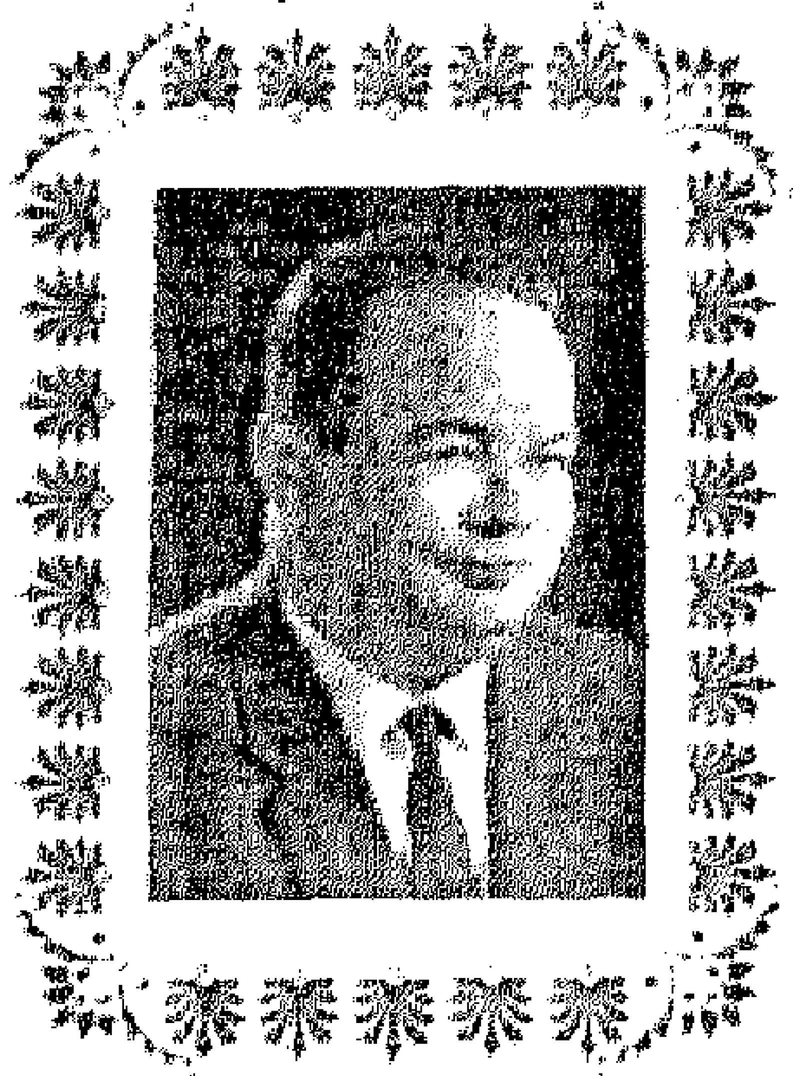
# إهداء

**إلى روح أساتذتي..... طيب الله ثراهم .....وجعل الجنة مثواهم**

**فقد تتلمذت على أيديهم فتعلمت منهم وكانوا بحق نعم القدوة علماً وخلقاً.**



الأستاذ الدكتور
ولي الدين عبد الغفار عاشور
(١٩٢٢-٢٠٠٢)



الأستاذ الدكتور
عبد الرحمن سري مصطفى
(١٩٢٣-١٩٨٤)



الأستاذ الدكتور
محمد فوزي حجازي
(١٩٣٧-٢٠٠١)



الأستاذ الدكتور
محمد محمود الزيات
(١٩٤٠-٢٠٠٤)

# شكر وتقدير

أتشرف بتقديم موفور شكري وعظيم امتناني
للأستاذ الدكتور

## إبراهيم صادق عليوة

أستاذ الفطر وأمراض النبات – كلية الزراعة جامعة عين شمس

لمراجعته العلمية الدقيقة لكل ما جاء في هذا الجزء من الكتاب. فلقد كان لتوجيهاته ونصائحه السديدة أبلغ الأثر في إصدار هذا الكتاب بهذه الصورة.

أ.د/ مصطفى حلمي

# الفهرس

# مقدمـــة

الفطريات – حراس الطبيعة وحماتها – والتي يقدّر عددها الآن بما يزيد عن المليون والنصف مليون نوع، أضحت الآن أحد أهم أدوات الهندسة الوراثيةوالتكنولوجيا الحيوية.

تدرج تصنيف الفطريات والكائنات الشبيهة بها في رحم الممالك حسب تقدم العلوم. فها هي في البدء نباتات، حيث كانت تصنف في قسم النباتات الثالوثية مع شقيقتها الطحالب.

تطورت المعارف وزادت دقة التقنيات واتجه العلم إلى الخروج من شرنقة إزدواجية الأحياء بين نباتات وحيوانات. ومع استمرار وتعمق الدراسة اتضح أن الفطريات ليست نباتات وليست حيوانات ولكنها ببساطة –كما قال كونستانتيسن جون الكسوبولس– فطريات، وتم وضعها في مملكة مستقلة بها. فأصبح النظام الآن ثلاثي الممالك.

ومع تطور الدراسات الجزيئية Molecular biology والهندسة الوراثية وسَلْسَلة الموروثات (الجينات) مع استخدام الدراسات السلفية والمستحثات (الحفريات)، بدا جلياً أن النظام الثلاثي للممالك لا يستوعب جميع الكائنات مع ذلك الإختلاف البيّن في خصائص موروثاتها. وأصبحت الكائنات الحيةموزعة على خمسة ممالك.

وبرغم أن الإرهاصات الأولى للعلم كانت تعتمد على شكل الكائن – وهو في الحقيقة نتاج عمل مجموعة هائلة من الموروثات– اتجه العلم لما هو أعمق، فاعتمد على تتابع النيوكليوتيدات في تحت الوحدة الصغيرة DNA الريبوسومي. وكذا المناطق البينية لهذا الـ DNA، فأصبحت الآن الأحياء طبقاً للدراسات السلفية والتطورية تضمها سبعة ممالك. اثنان تضمان أوليات النواة والخمسة الأخرى تضم حقيقيات النواة.

أين تقع الفطريات والكائنات الشبيهة بها في هذه الممالك الخمس؟؟ فكما هو معروف فالفطريات ذات أنوية حقيقية. تم وضع الفطريات والكائنات الشبيهة التي كان يهتم بها الميكولوجين ضمن ثلاثة ممالك. مملكة البروتوزوا ومملكة الكروميستا ومملكة الفطريات الحقيقية.

وهكذا استقر الحال بالفطريات والكائنات الشبيهة بها في هذه الممالك، فهل يمكن أن يحمل العلم بين طياته ومع تقدم أدواته مفاجآت أخرى ليست في الحسبان؟؟.

لذلك، ففي هذه السلسلة من كتاب "شُعب الفطريات"، قمت بتقسيم الكتاب إلى عدة أجزاء، حتى يسهل على القارئ التعامل مع هذه الأجزاء. والحصول على مبتغاه منها طبقاً لرغباته واحتياجاته.

يضم الجزء الأول –الذي بين أيدينا– مقدمة عن الفطريات وصفاتها ومناشطها وتركيبها في الفصل الأول، ثم تناولت الكائنات الشبيهة بالفطريات والتي تنتمي لمملكة البروتوزوا في الفصل الثاني، وفي الفصل الثالث تناولت الكائنات الشبيهة بالفطريات والتي تنتمي لمملكة الكروميستا. وإن شاء الله سوف تتعاقب الأجزاء طالما كان في العمر بقية.

إنني أسجد لله شكراً على إتمام هذا الجزء بالرغم من المعاناة المستمرة من مشاكل شرايين القلب التاجية. وإنني أتوجه بموفور وشكري وعظيم إمتناني –بعد الحق سبحانه وتعالى– لقسم رعاية القلب بمستشفى عين شمس التخصصي جامعة عين شمس. فلجميع أساتذة القلب ومساعديهم من الأطباء وهيئة التمريض كل إمتناني على جميل عنايتهم الفائقة بي.

كما أنني لن أنسى ذلك الجميل الذي قدمته إليّ كل من كريمتيّ مروة ومنار، حيث قامت الأولى بإعادة كتابة وصياغة مواضيع الكتاب من بين مئات الأوراق والمخطوطات اليدوية، وقامت الثانية على إعادة توضيح الكثير من رسومات الخط الواحد. ولزوجتي التي

شجعتهما على هذا العمل، فلهم جميعاً مني عظيم شكري وامتناني.

كما أنني لا أنسى مجهود الأستاذ عمرو محمد حنفي على كتابة وتنسيق أبواب هذا الكتاب والمراجعة وإعادة التصويب وتصميم الغلاف فله مني خالص الشكر.

وفي النهاية، فإنني أقدم خالص شكري للأستاذ علي إبراهيم علي صاحب ومدير مكتب أوزيريس للكتب والمجلات العلمية على نشره لهذا الكتاب.

والله وليّ التوفيق،،،

**المؤلف**

**أ.د/ مصطفى حلمي مصطفى**

# مقدمة في علم الفطريات

1

- ١-١ التطور التاريخي لدراسة علم الفطر.
- ١-٢ تصور أصل الفطريات.
- ١-٣ أهمية الفطريات.
- ١-٤ الخواص العامة للفطريات.
- ١-٥ التركيب الدقيق للخلية الفطرية.
- ١-٦ النـــواة.
- ١-٧ الميتوكوندريا.
- ١-٨ المخزون الغذائي في الهيفا الفطرية.
- ١-٩ التغاير الشكلي.
- ١-١٠ التمايز والتوالد الشكلي وتكوين الأنسجة.
- ١-١١ الثمار الأسكية.
- ١-١٢ الثمار البازيدية.
- ١-١٣ التغذيـــة.
- ١-١٤ إمتصاص المغذيات.
- ١-١٥ التكاثـــر.
- ١-١٦ التباين النووي والآلية الجنب جنسية.
- ١-١٧ تسمية الفطريات.
- ١-١٨ النظم التقسيمية.
- ١-١٩ تقسيم الفطريات.

# مقدمة في علم الفطريات

قبل آلاف السنين، ومنذ أن بدأت رحلة الشقاء الإنساني، وفي مكان ما من قارة أفريقيا "كما تقول الدراسات الأنثروبولوجية واللغوية" تزايدت أعداد الإنسان *Homo sapiens* ومعها تزايدت مشاكله من أجل الحصول على غذائه وملبسه مما يحيط به في البيئة التي يعيش فيها. فبدأ في جمع والتقاط ما يراه مناسباً لطعامه من ثمار متساقطة أو ما تنبت الأرض أو يخرج منها.

ضاقت على الإنسان الأرض فخرج مهاجراً، فاتجه شمالاً، ثم شرقاً وغرباً، حيث كانت الصحاري الكبرى تعج بالأنهار والغابات، ثم اتجه شمالاً مع انحسار العصر الجليدي الثاني إلى المنطقة الآسيوأوربية.

لاحظ الإنسان خلال سعيه الدءوب من أجل توفير ما يسد به رمقه نوعان من الموجودات: كائنات خضراء اللون متباينة الأشكال والأحجام ثابتة راسخة في مكانها، وأخرى إما أن تهاجمه أو تفر منه. ونظر إلى الكائنات الخضراء، فوجد منها ما هو مميز إلى جذر وساق وأوراق، وأخرى ما هي إلا خيوط خضراء تكثر في البرك الآسنة أو على جوانب المجاري المائية والجداول، أو ملتصقة بالصخور.

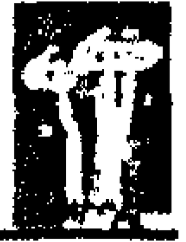
عرف الإنسان بعد أن استقرت به الحياة في أودية الأنهار نتاج عمل بعض الكائنات دون أن يراها، فها هو يدرك أنه إذا ترك عجين الحنطة لفترة ما، فإنها تعطي خبزاً أذكى مذاقاً، كما لاحظ أن عصير العنب يكتسب طعماً آخر بفعل التخزين، ما إن شربه حتى ذهب لُبه. أدرك الإنسان وشاهد أنه إذا ترك قطعة من اللبن المتجمد، فسرعان ما يظهر عليها خيوط مختلفة الألوان، مما اكسبها طعماً آخراً مستحباً، أو أدت لمرضه وموته.

رأى الإنسان أمام عينه كيف يفسد طعامه، وكيف يقضي على مخزونه من الحبوب، وكيف تموت نباتاته في الحقل، وكيف تمرض حيواناته التي روضها بعد جهد كبير.

أدرك الإنسان بعد أن توسعت مداركه أن تلك الكائنات التي لا تتميز إلى جذر وساق وأوراق أنها عبارة عن مجموعتين منفصلتين: الأولى تحمل درجات اللون الأخضر، ذات قدرة على المعيشة الذاتية تقوم باستغلال الطاقة الشمسية وسماها طحالب Algae ، والأخرى متباينة الألوان، لا تستطيع النمو في غياب المادة العضوية والتي أطلق عليها فيما بعد اسم فطريات Fungi.

الفطر Fungus وجمعها فطريات أو فطور Fungi اشتقت من الكلمة اللاتينية Fungus وأصلها Sfungus وهي ذات الأصل لكلمة Spongia من الكلمة اليونانية Sphongis.

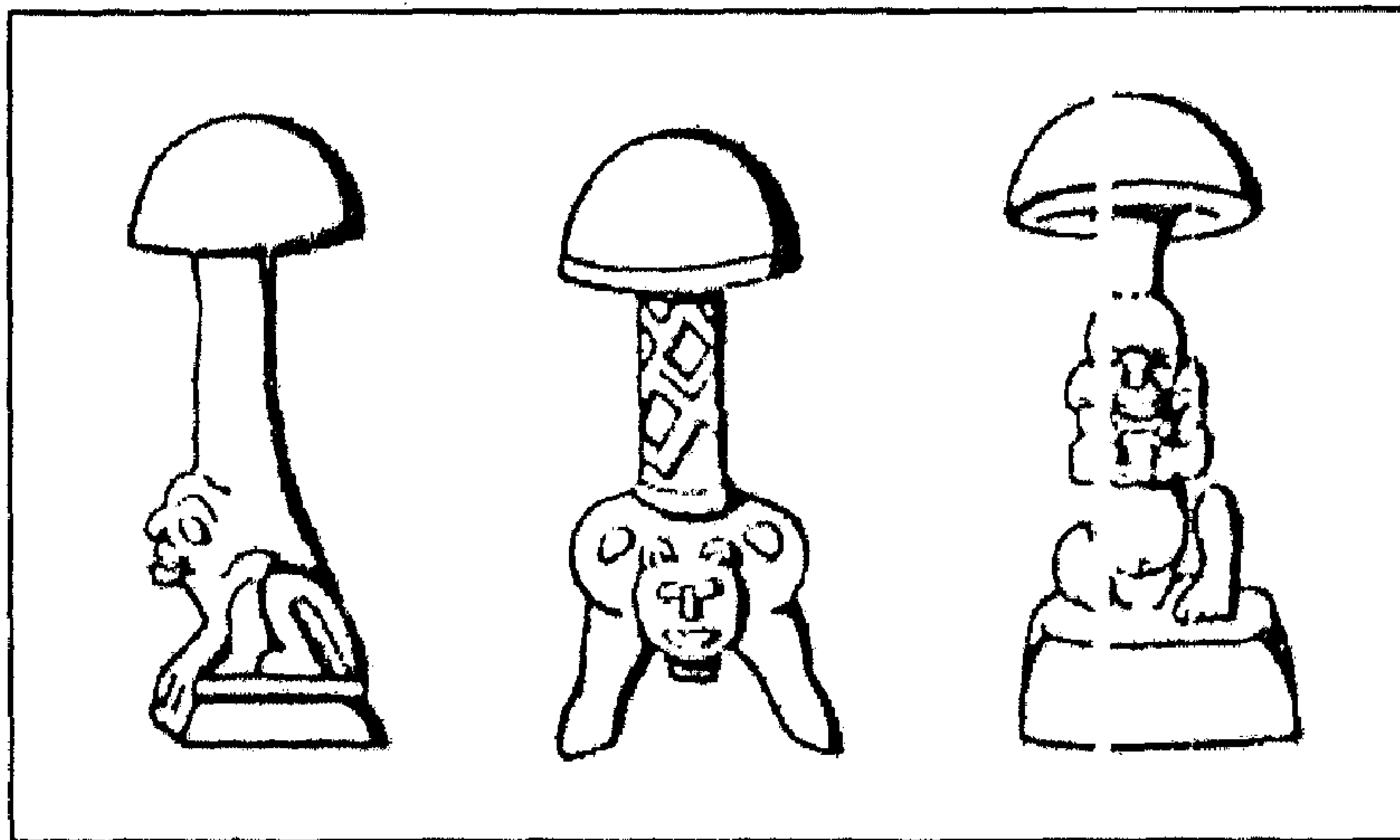
اختلفت تسمية هذه الكائنات لدى شعوب العالم، فلدى الفرنسيين تسمى شامبنيون Champignon وفي اللغة الرومانية Ćiupercâ، والبرتغالية Fungo، والكرواتية Guba و Gljiva، والسلوفينية Goba، والمجرية Gomba، والبولندية Grzyb، والأسبانية Hongo، والتشيكية Houba، والسلوفاكية Huba، والصينية Jun و Chün، واللغة الهندية Kavat، والسنسكريتية Kavata، والألبانية Kephurhe، واليابانية Kin-rui، واليونانية uuktzgy، والألمانية Pliz، والتاميلية Pooñjalam، والأستونية Seen، واللتونية Sene، والفنلندية Sieni، والإسكندنافية Svamp، والهولندية Zwan، والروسية ГРNБ (جريب)، والبيلاروسية ГрbБ (جريب)، والبلغارية ГЬБΛ (جبا).



# ١-١ التطور التاريخي لدراسة علم الفطر:

## Historylogical approach

لا يمكن الآن إلا الافتراض أن الإنسان عبر تجاربه الحياتية قد عرف الفطريات العملاقة (مثل عيش الغراب وما شابهه والكرات النافحة) وذلك مما وُجد من تماثيل مستوحاة من شكل فطر عيش الغراب (شكل رقم ١).



شكل رقم (١): أحجار على شكل عيش الغراب من جواتيمالا، طول كل منها ٣٠سم. *

مما لا شك فيه أنه قد حاول أن يعرف كيف تظهر من آن لآخر، ولماذا تختفي. يوجد ما يفيد من الأدلة على أن الإنسان اهتم بهذه (الفطريات) منذ البدايات الأولى للتاريخ المكتوب. ولعدة أسباب، فإن معرفة طبيعتها الحقيقة قد اتسمت بالبطه الشديد.

يرجع ذلك البطه -في المقام الأول- لتلك الفترة التي ساد فيها الحكم المطلق ولسيطرة رجال الدين على التعليم، كما كان استخدام التجريب كوسيلة لتقدم المعرفة من الأمور المحرمة تقريباً.

* عن Young and Jeffries (1994): انظر قائمة المراجع

وفي المقام الثاني، فإن استخدام الميكروسكوب كوسيلة للفحص لم تبدأ إلا منذ عام ١٥٩٠م باستخدام ما يعرف باسم ميكروسكوب "جانسن زخارياس" Zacharias Janssen's Compound Microscope وما تلاه من أشكال في مدى ٢٠٠ عام، لم تزد عن كونها لعبة Toys أو تحفة منزلية Curiosity.

ثالثاً، اعتقد لزمن طويل أن الأحياء الميكروسكوبية تنشأ بما يعرف بالتوالد الذاتي Spontaneous generation وطبقاً لهذه النظرية، فإن المواد غير الحية يمكن أن تتحول لمادة حية Living Matter ،وقد ساد هذا الاعتقاد منذ عصور الحضارة اليونانية القديمة حتى الدراسات الكلاسيكية المعروفة لباستير في حوالي عام ١٨٦٠م. وقد أكدت تجارب باستير الملاحظات الأولية لكل من ليفنهوك Leeuwenhoek وسبالانزاني ريدي Spallanzani Redi وغيرهم من الذين نادوا بأن الكائنات الحية الدقيقة تُكثر نفسها.

رابعاً، أُعتقد لفترة طويلة أن التخمر Fermentation هو انحلال كيماوي بحت والذي نادى به علماء كبار أمثال برازليوس Brazelius وليبج Liebig.

وقد أثبتت الأبحاث الدقيقة لباستير وغيره أن العوامل المحدثة للتخمر ما هي إلا الميكروبات الحية.

تدل كتابات اليونان والرومان أن الإنسان أمكن له بالفطرة التمييز بين الأنواع السامة والمأكولة من عيش الغراب، وتدل على ذلك الرسومات التي عرفت على أنها لفطر *Lactarius delicious* والتي عثر عليها أسفل الرماد البركاني لمدينة بومبي Pompeii.

كما ثبت أن البابليين كانت لهم دراية واسعة بأمراض المحاصيل، كما عرفوا أصداء الحبوب، إلا أنهم أرجعوا السبب إلى غضب الآلهة. كما أقام الرومان احتفالات شعبية واسعة لاسترضاء الآلهة لحماية محاصيلهم من الإصابة بالأمراض. واستمر هذا الحال حتى

بعد سقوط الإمبراطورية الرومانية بحوالي ١٠٠٠ عام، أي حتى عام ٤٧٦ بعد الميلاد.

يمكن القول أن عصر الطباعة هو المنعطف الأول لزيادة اهتمام الإنسان بالنبات. وقد أعطى ذلك أهمية خاصة لتصنيف النباتات الطبية والغذائية. وهكذا بدأ اهتمام العشّابين Herbalists بجمع ووصف وكتابة الإيضاحات والشروح، ليس فقط للنباتات البذرية ولكن لعدد كبير من الفطريات.

من أوائل العشّابين Bauhin الذي سجل في كتابه Pinax Thaetri Botanici قرابة مئة نوع من الفطريات وضعها في مجموعتين التي أطلق عليها Fungus والتي ضمنها أنواع تنتمي إلى Agaricaceae, Polyporaceae, Boletaceae, Clavariaceae, Auriculariaceae, Lycoperdaceae, Phallaceae, Pezizaceae. وفي كتاب تورنيفورت بعنوان Elements de Botanique المنشور عام ١٦٩٤م رتبت فيه الفطريات في ستة مجاميع.

وقد اشتملت ملاحظات هوك Hook أيضاً الفطريات والتي سجلها وشرحها في Micrographia التي قدمها للجمعية الملكية البريطانية عام ١٦٦٧م. درس هوك نوعين من الفطريات الميكروسكوبية وهما بدون شك فطر *Phragmidium* المسبب لمرض صدأ الورد، وفطر العفن الشائع *Mucor*، حيث أقر أن كليهما نبات، إلا أنه تمسك بأن نشأتهما ترجع للنسيج النباتي.

يعتبر ميتشلي Micheli أبرز دارسي الفطريات في هذا العصر، ويعد كتابه الكلاسيكي Nova Plantarum Genera المنشور عام ١٧٢٩م هو الأكثر احتراماً وتقديراً. وقد استخدم أسماء المجاميع مثل Clathrus, Clavaria, Geaster, Lycoperdon, Phallus, Tuber، وكانت شروحه من الدقة لدرجة أنه يمكن إجراء تعريف دقيق للفطر عن طريقها. وفي تقسيمه إشتمل Boletus على عدد من جنس *Morchella* كما يعرف الآن، ووضع اسم الجنس *Puccinia* وضم إليه *Gymnosporangium*، كما القى المزيد من الضوء على

الفطريات الأكبر حجماً، فقام بتجميعها في الفطريات ذات الرقائق (الصفائحيات) Fungi Lamellati وذات الثقوب Fungi Porosi (Polyporaceae) والفطريات ذات الفروع Fungi Ramosi (Clavariaceae) وفطر المسحوق Fungi Pulverents (Puff balls).

كما قام – ولأول مرة – بزراعة عدد من الفطريات الميكروسكوبية على أوساط غذائية نقية لحد ما، وضمت هذه الفطريات أنواع من جنس *Rhizopus* و *Botrytis* والتي بدأ دورة حياتها من "البذرة" مثبتاً أن كل فطر ينتج أنواعه الذاتية.

يعد عمل لينيوس Linnaeus بكتابه Species Plantarum الذي صدر عام ١٧٥٣م أحد المنعطفات الهامة في تطور العلم، ليس فقط لإسهامه الكبير في الفطريات، ولكن لوضعه نظام التسمية الثنائي Binomial system، حيث أعطى لكل نبات اسم جنس Generic واسم متخصص Specitic name، ووضع لينيوس الفطريات في طائفة Class: Cryptogamia Fungi.

بعد كتاب لينيوس بدأت فترة طويلة من الدراسات انصب فيها الاهتمام على تجميع ووصف الفطريات، كما لقيت الأنواع الميكروسكوبية المزيد من الاهتمام. وقد عنيت الدراسات بوصف الخواص التي لا ترى بالعين المجردة، وحفظت الكثير من العينات وتم تبادلها وعرضت في المعاشب. ونتيجة لهذه التطبيقات، أقدم البعض على إجراء دراسات متخصصة على مجاميع فطرية بعينها. وبذلك عرف المزيد من الأجناس والأنواع وتم التمييز بينها على الاختلافات الدنيا بينهم.

من أهم كتب نهاية القرن الثامن عشر، كتاب بوليار Bulliard وعنوانه Chamignons de France المنشور عام ١٧٩١م، وقد حوى الكتاب وصف ورسومات دقيقة لكثير من الفطريات الميكروسكوبية، وعلى الأخص الفطريات القرصية Discomycetes والقارورية Pyrenomycetes والميوكورات Mucorales والأعفان الرخوةMycetozoa.

في بداية القرن التاسع عشر، وضع Persoon كتابه Synopsis Methodica Fungorum عام ١٨٠١م، ثم كتابه المكثف Mycologia Europeae في ثلاثة أجزاء ظهرت ما بين ١٨٢٢و١٨٢٨م. وقد قسم الفطريات إلى طائفتين وستة رتب و٧١ جنساً، وهو أول من أدخل نظاماً يمكن استخدامه لتقسيم الفطريات.

في نفس الوقت تقريباً ظهر العمل الرائد في أمريكا الشمالية والذي أجراه de Schweinitz واستحق عليه لقب أبو الفطر الأمريكي، حيث قام بجمع ما يقرب من ٣٠٠٠ نوع من الفطريات من كارولينا الشمالية وبنسلفانيا –من بينهم ١٢٠٠ نوع لم يسبق وصفها– في كتابه Synopsis Fungorum Carolina Syperioris.

في منتصف القرن التاسع عشر وضع كوردا Corda كتابه Icones Fungorum Hucusque Cognitorum والذي ظهر في ستة أجزاء نشرت بين عامي ١٨٣٧ إلى ١٨٥٤م،اشتملت على رسومات وأوصاف لكل الفطريات الموجودة في النمسا.

وعلى نفس النمط وضع الأخوان Tulasne كتاب Selecta Fungorum Carpologia في ثلاثة أجزاء ظهرت ما بين ١٨٦١ إلى ١٨٦٥م، والتي تعد رسوماتها آية من آيات الجمال التوضيحي للفطريات.

مع اقتراب نهاية القرن التاسع عشر ظهر كتاب Sylloge Fungorum الذي وضعه Saccardo ، وقد بدأت أولى إصداراته عام ١٨٨٢م وتوالت حتى بلغت ٢٥ جزءاً. هذا العمل يحوي وصفاً لاتينياً مختصراً لكل ما عرف من الفطريات.

## ١-٢ تصور أصل الفطريـــات

## Concepts of origin of fungi

خلال الفترة التي امتدت إلى منتصف القرن التاسع عشر، كانت نظرية التوالد الذاتي هي المسيطرة على شروح نشأة الحياة الميكروسكوبية. وقد افترض أن الفطريات تنشأ من الطبقة التحتية Substratum التي تنمو عليها، ولقد كان من المستحيل تخطي هذه العقبة الدهماء.

توالت الملاحظات الخاصة لوجود الفطر على سطوح النباتات الحية، كما ثبتت مقدرة الفطريات على إحداث أمراض للنباتات. وقد أثبت Fontana عام ١٧٦٧م أن الفطر *Puccinia graminis* الذي يظهر على شكل صدأ هو نبات مستقل، ومن المحتمل أن ينتج "بذوره". كما أثبت بريفوست Prevost عام ١٨٠٧م أن الكتل التفحمية في القمح هي جراثيم المرض. وقد رأى Unger (١٨٣٣م) كما اعتقد آخرون، أن نسيج النبات تحت تأثير التغير الشكلي تصبح فطريات. ولم تنجح الأدلة التي قدمها بريفوست وفونتانا وغيرهم في زحزحة الاعتقاد بنظرية التوالد الذاتي.

ومما لا شك فيه، أن التغيير في هذا الاعتقاد يرجع إلى النتائج الأولية المبهرة، والتجارب المقنعة للعالم باستير، حيث أثبت أن الميكروبات تُحمل بالهواء، والتي تعطي أفراداً جديدة مماثلة لها عندما تنموا على المنابت وأن مناشطها تحدث التخمرات.

وخلال الفترة التي عمل فيها باستير لتدعيم ثورته التجريبية التي أدت لاكتشاف أن الميكروبات هي العوامل المسئولة عن أمراض الإنسان والحيوان، تعاظم دور الفطريات كمسببات لأمراض النبات عن طريق Berkeley (١٨٣٧م) وKuhn (١٨٥٨م) وde Bary (١٨٦٦م) وHarting (١٨٧٤م) وWoroning (١٨٧٨م) وBrefeld (١٨٨٤-١٩١٢م) وقد أثبتت دراساتهم أن فطر *Phytophthora infestans* هو المرتبط بمرض الندوة المتأخرة في



البطاطس، وأن الأوعية الأسيدية على نبات الباربري مرتبطة وراثياً بصدأ القمح، وأن الفطريات التي تخترق الخشب هي الطور المغتذي Assimilatory لما يظهر من تراكيب مختلفة على جذوع الأشجار والكتل الخشبية، وأن الفطر *Plasmadiophora brassicae* هو المسبب للتورم الصولجاني في الصليبيات، وأن مختلف أمراض التفحمات في الحبوب ترجع لحدوث إصابة النباتات في فترة محددة من حياته. وقد لفتت هذه الدراسات الاهتمام للأهمية الاقتصادية لعلم الفطريات التطبيقي ولأمراض النبات.

وبسبب تنامي المعلومات حول الميكروبات في إحداث التخمرات ظهرت أبحاث Hansen على مورفولوجيا وفسيولوجيا الخمائر، وتكاثفت الدراسات على الاستخدام الصناعي للفطريات في كتاب Lafar بعنوان Mykologie Technische عام ١٩٠٤-١٩٠٧م.

تنامت الدراسات المورفولوجية ودراسات الاختلافات الشكلية والتماثل بين الفطريات. مما أدى لتجميع الفطريات في مجاميع، وبذلك ظهرت المحاولات الأولى لتقسيم الفطريات، كما أدى التقدم السريع في صناعة مختلف أنواع الميكروسكوبات إلى إيضاح الخواص الميكروسكوبية المميزة للنوع. وتعتبر أهم هذه المنعطفات: دراسة de Bary بعنوان Morphologie und Physiologia der Pilze, Flecten, und Myxmyceten والذي نشر عام ١٨٦٦م. وقد اعتبره كل المهتمين بالفطر هو العمل الأساسي في دراسة الفطريات، لذلك يعد de Bary هو الأب الحقيقي لعلم الفطريات الحديث.

وفيما يلي أهم الإصدارات التي لعبت دورها الهام في تطور علم دراسة الفطريات:

١) الجذرفطريات Mycorrhizae وتركيبها، للعالم Frank.

٢) الحاجة إلى "bios" في تغذية الخمائر، للعالم Wildiers.

٣) السلالات الموجبة والسالبة لفطريات العفن الأسود، للعالم Blakeslee.

٤) سيتولوجية الكيس الأسكي، للعالم Harper.

٥) وظيفة الوعاء البكني في الأصداء، للعالم Craigie.

٦) العقم الذاتي والإخصاب الهجيني في الجنس *Pleurage Fr = Schizothecium* (*Sordar*)، للعالم Ames.

٧) الميكروكونيديات (الإسبرمات) والإخصاب في جنس *Sclerotinia*، للعالم Dryton.

٨) الروابط الكلابية في الفطريات الخصيبة Hymenomycetes، للعالمين Kniep and Bensaude.

٩) وراثة الخمائر، للعالم Lindegren.

١٠) إنتاج سلالات جديدة من الأصداء والتفحمات، للعالم Stakman ومعاونوه.

١١) نظرية الميكوبلازم Mycoplasm Hypothesis، للعالم Eriksson.

١٢) وراثة فطر *Neurospora*، للعالم Dodge.

وقد اتصلت دراسة الفطريات بغيرها من العلوم. فها هو كتاب Buller بعنوان Researches on Fungi، حيث شرح إمكانية دراسة وفهم تركيب ووظيفة الفطريات باستخدام أساسيات الفيزياء. وكتاب Les Teignes الذي وضعه Sabouraud وشرح فيه الفطريات المسببة للأمراض الجلدية Dermatophytes وغيرها من الفطريات المرضة للإنسان.

كما لقيت دراسات كل من Wehmer في ألمانيا وRaistrick ومعاونوه في بريطانيا وCarzaszcz ومعاونوه في بولندا وIwanoff ومعاونوه في روسيا، حيث أدت مساهمتهم لمعرفة قدرة الفطريات على بناء عدد كبير من المواد الكيماوية ذات الاستخدام الصناعي. كما لا يمكن أن ننهي هذه السلسلة دون أن نأتي على ذكر A. Fleming ومعاونوه، والذي



ارتبط اسمه باكتشاف البنسلين، والتي قادت دراساتهم لاستخدام المضادات الحيوية ذات الأصل الميكروبي لعلاج الإنسان والحيوان من الأمراض الميكروبية التي كانت تفتك به.

ونظراً للتنوع المذهل للمواد التي تقوم الفطريات بإنتاجها، فقد دخلت أبحاث التكنولوجيا الحيوية مجال الفطريات من أوسع أبوابه، وهذا ما سوف نشير إليه في العنوان الخاص بأهمية الفطريات.

## مراجع للاستزادة


- Ainsworth, G.C. (1986). Introduction to the history of medical and veterinary mycology, Cambridge Universty Press, Cambridge.
- Ainsworth, G.C. (1976). Introduction to the history of mycology, Cambridge Universty Press, Cambridge.
- Ainsworth, G.C. (1981). Introduction to the history of plant pathology, Cambridge Universty Press, Cambridge.
- Alexopoulos, C.J. and C.W. Mims (1983). Introductory mycology, Wiley easlern Lim.
- Wolf, F.A., and F.T. Wolf (1947). The Fungi, Vol. I. New York, John Wiley & Sons. Inc.
- Walker, J.C. (1957). Plant Pathology. McGraw Hill Book Company. New York.

# ١-٣ أهميـة الفطريـــات

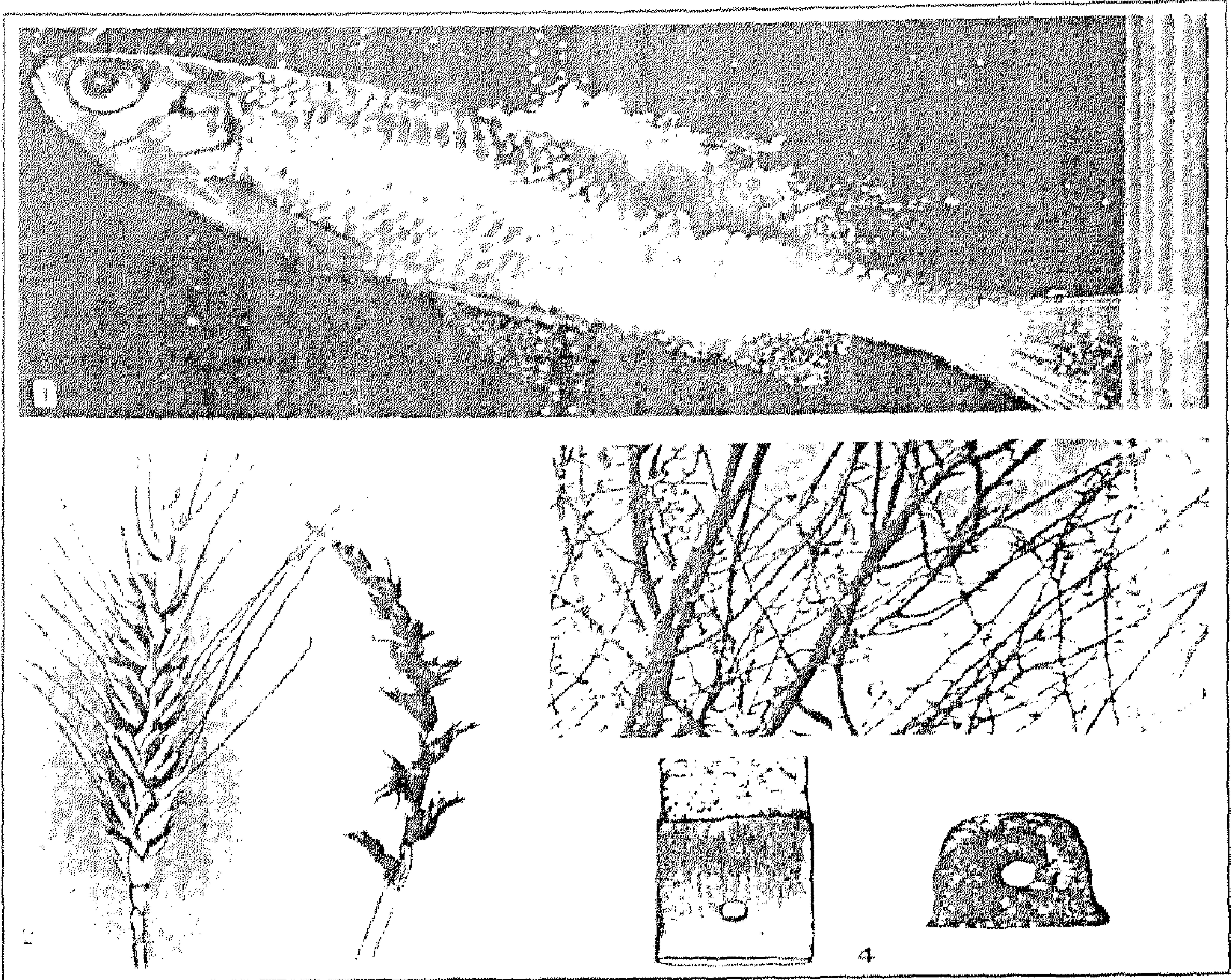
## The Importance of fungi

من أهم السمات التي تميز الفطر كمجموعة إيكولوجية هو خلوه التام من صبغة البناء الضوئي. وعلى ذلك فالفطريات في حاجة دائمة لمصدر عضوي للكربون حتى يتسنى لها أن تحصل منه على الطاقة اللازمة لتدفق مناشطها الحيوية. وعلى ذلك، فالفطر في هذه الحالة يعد على رأس الكائنات المستهلكة للطاقة وليس منتجاً لها.

فها هي أبسط أنواع الكائنات الحية "الفطريات" والتي يتركب جسمها من خلية واحدة، تعيش على ما تبتلعه من بكتريا التربة أو المياه العذبة، فهي بذلك تلعب دوراً هاماً في التوازن الميكروبي على الأرض.

ومن أجل الحصول على الطاقة، نجد الفطر قد يتطفل على الطحالب، والتي تعد أحد المصادر الأساسية للأكسجين على الأرض، وكذا الذائب في الماء.

وقد يتعدى الضرر ما أكبر من ذلك، فبعض الفطريات المائية تهاجم الأسماك، فتؤثر بلا شك في اقتصاديات الإنتاج السمكي، وعلى الأخص في المزارع السمكية الاصطناعية، ومما يقلق بال مربي أسماك الزينة تلك الفطريات التي تشوه جمال أحواضهم (شكل رقم٢).



شكل رقم (٢): الأضرار الناتجة عن الفطريات:

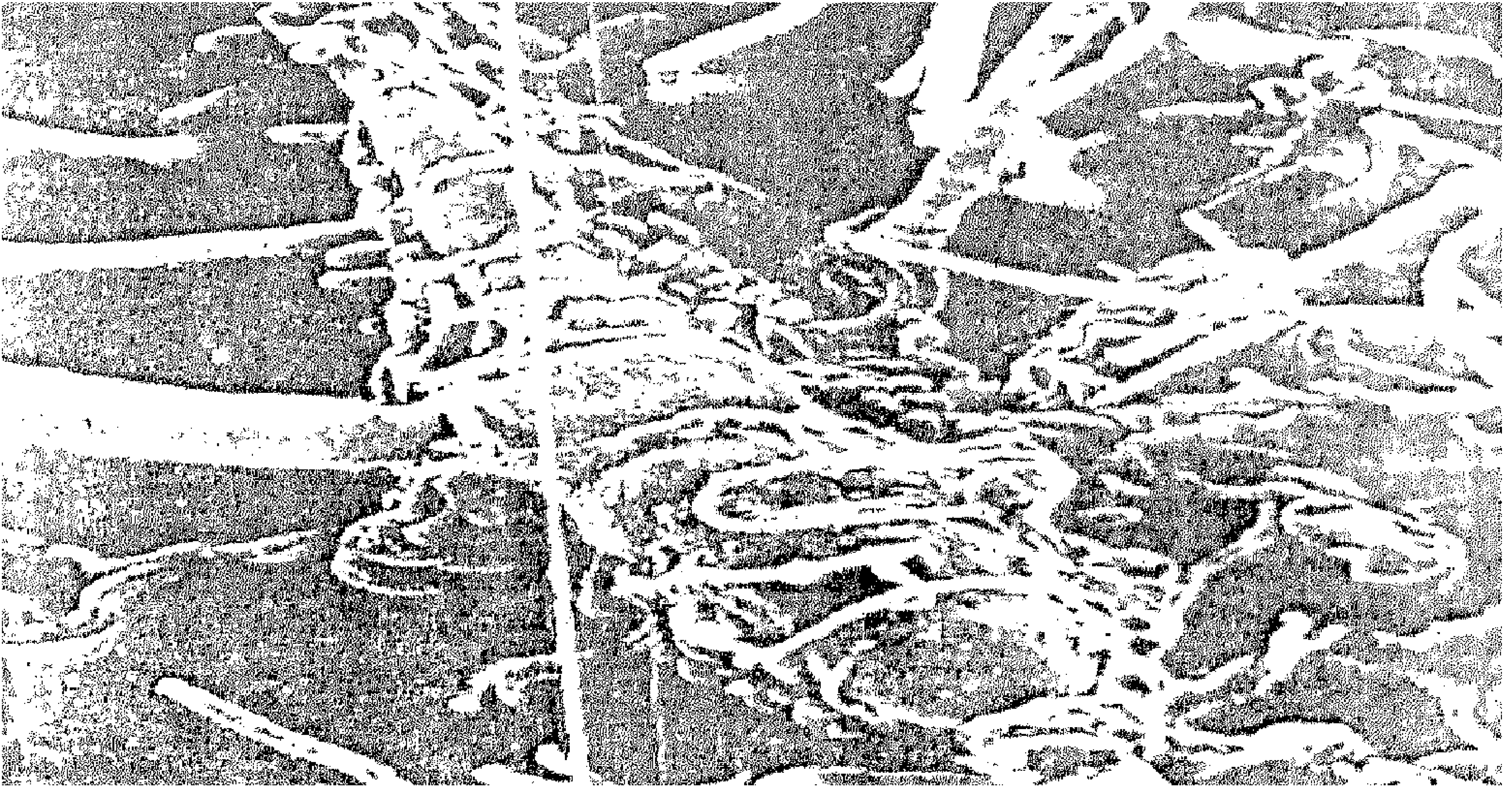
١- سمكة مصابة بالجنس *Saprolegnia*

٢- سنابل قمح مصابة بالتفحم المغطي والتفحم السائب

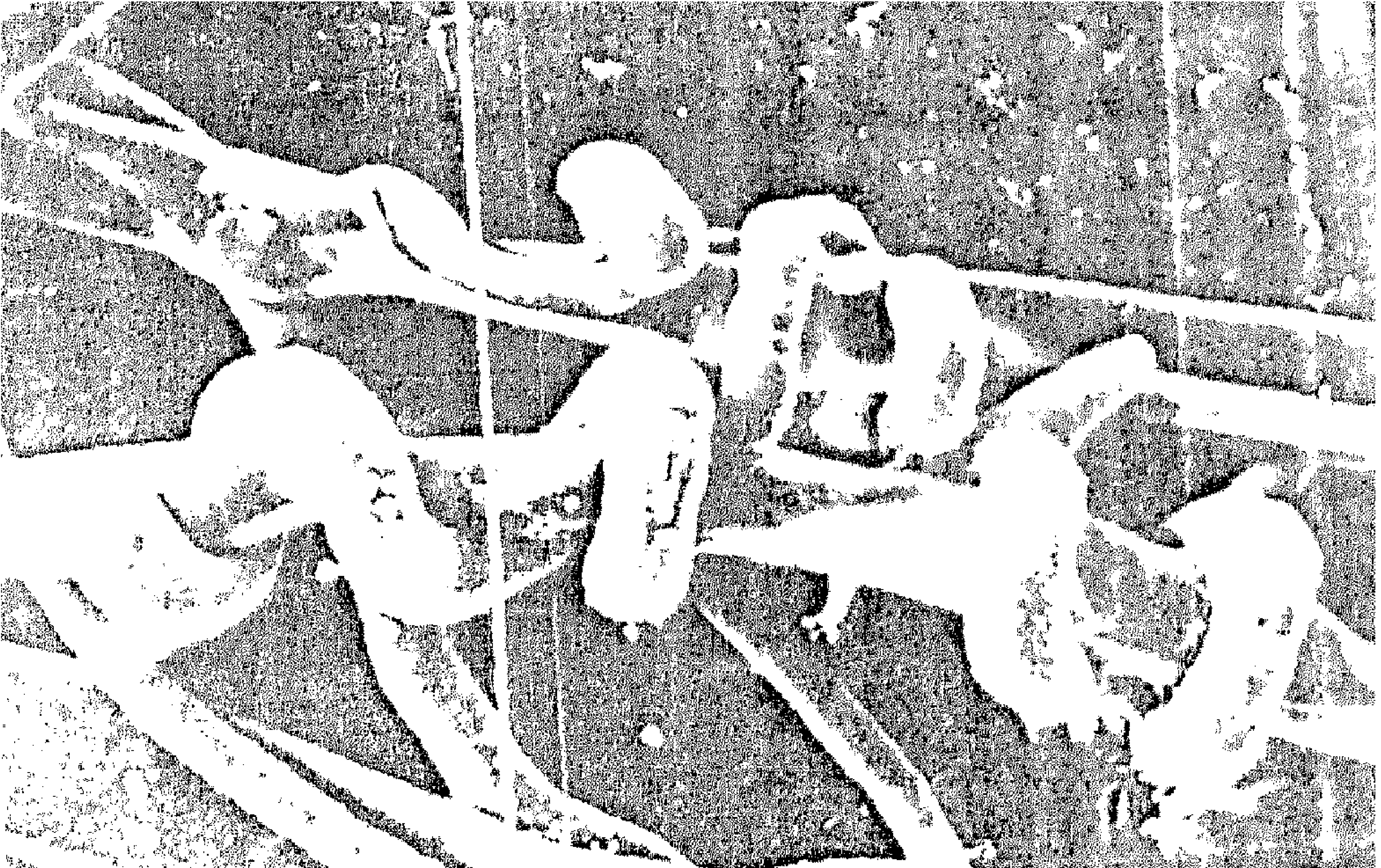
٣- سقوط الأوراق نتيجة إصابة البرقوق بأحد الفطريات

٤- تدمير المعادن بفعل الفطريات: اليمين بعد التحلل، اليسار قبل التحلل

تهاجم بعض الفطريات غيرها من الفطريات، فتتطفل عليها، وتعمد إلى قتلها واستنفاذ ما تحويه من مادة عضوية. وقد يكون مثل ذلك التطفل سلاح ذو حدين، فقد يهاجم فطر ما فطراً آخر ضار بالنبات أو الحيوان، فيحميه من الإصابة، أما إذا ما هوجمت مزارع عيش الغراب مثلاً، فالخسارة بالملايين (شكلي ٣، ٤).



شكل رقم (٣): كونيديات الفطر *Alternaria brassicae* تتطفل عليها هيفات الفطر *Nectria inventa*. تم التصوير على سطح ورقة النبات حيث تحاط الجرثومة كلية بميسليوم الفطر*

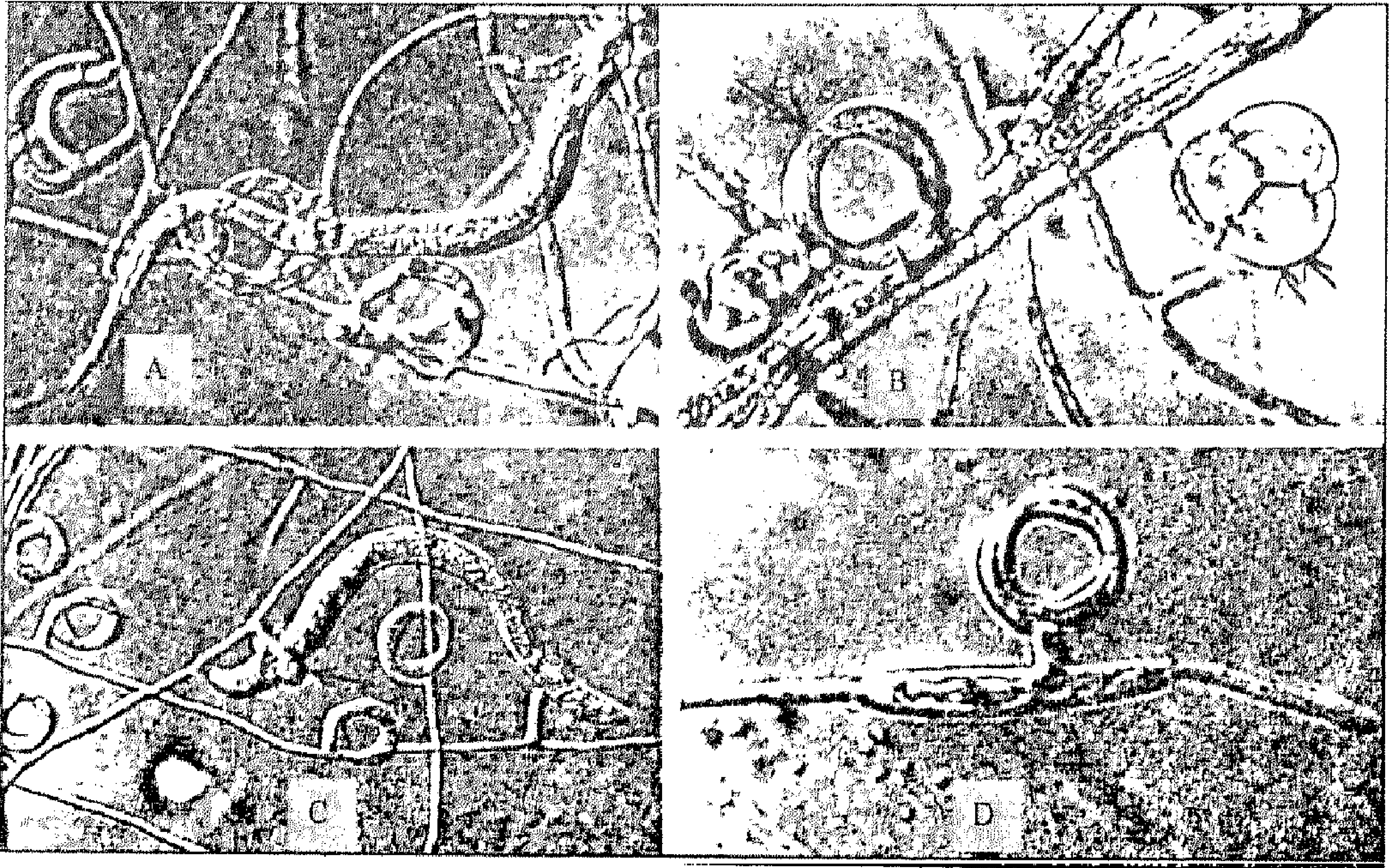


شكل رقم (٤): العلاقة بين الهيفات الحلزونية لفطر *Arthobotrys oligospora* والفطر *Rhizoctonia solani* –(X ٦٠٠)– حيث يتطفل الأول على هيفات الثاني*

عن Young and Jeffries (1994): انظر قائمة المراجع

تعمد بعض الفطريات على مهاجمة الحشرات، فتعيش عليها، وقد لا تضرها، وفي حالات أخرى قد تقتلها، فإذا ما تطفلت على حشرة ضارة، فهذا بلا شك أمراً نافعاً، أما إذا امتد نطاقها إلى المناحل مثلاً، فهنا ينبغي مقاومتها والحد من انتشارها.

أما ما يحدث للنيماتودا في التربة، فهو من الأمور التي تسترعي الانتباه، فبعض الفطريات تسعى لاقتناصها بأساليب غاية في الذكاء، فتحمي بذلك النباتات الاقتصادية الهامة من مهاجمة النيماتودا لها (شكل رقم ٥).




شكل رقم (٥): الفطريات صائدة النيماتودا.

(A) الفطر *Arthrobotrys oligospora* ذو المصيدة الحلقية اللزجة

(B) الفطر *Monacrosporium doedycoides* وتلاحظ الحلقة المفتوحة التي تشكل المصيدة، والأخرى إلى اليمين وقد أقفلت

(C) إحدى المصائد وقد سقطت فيها أحد الديدان الثعبانية

(D) تظهر أحد المصائد الحلقية الناشئة عن إنبات جرثومة كونيدية للفطر *Arthrobotrys dactyloides* *

* انظر Fugal Ecology: قائمة المراجع

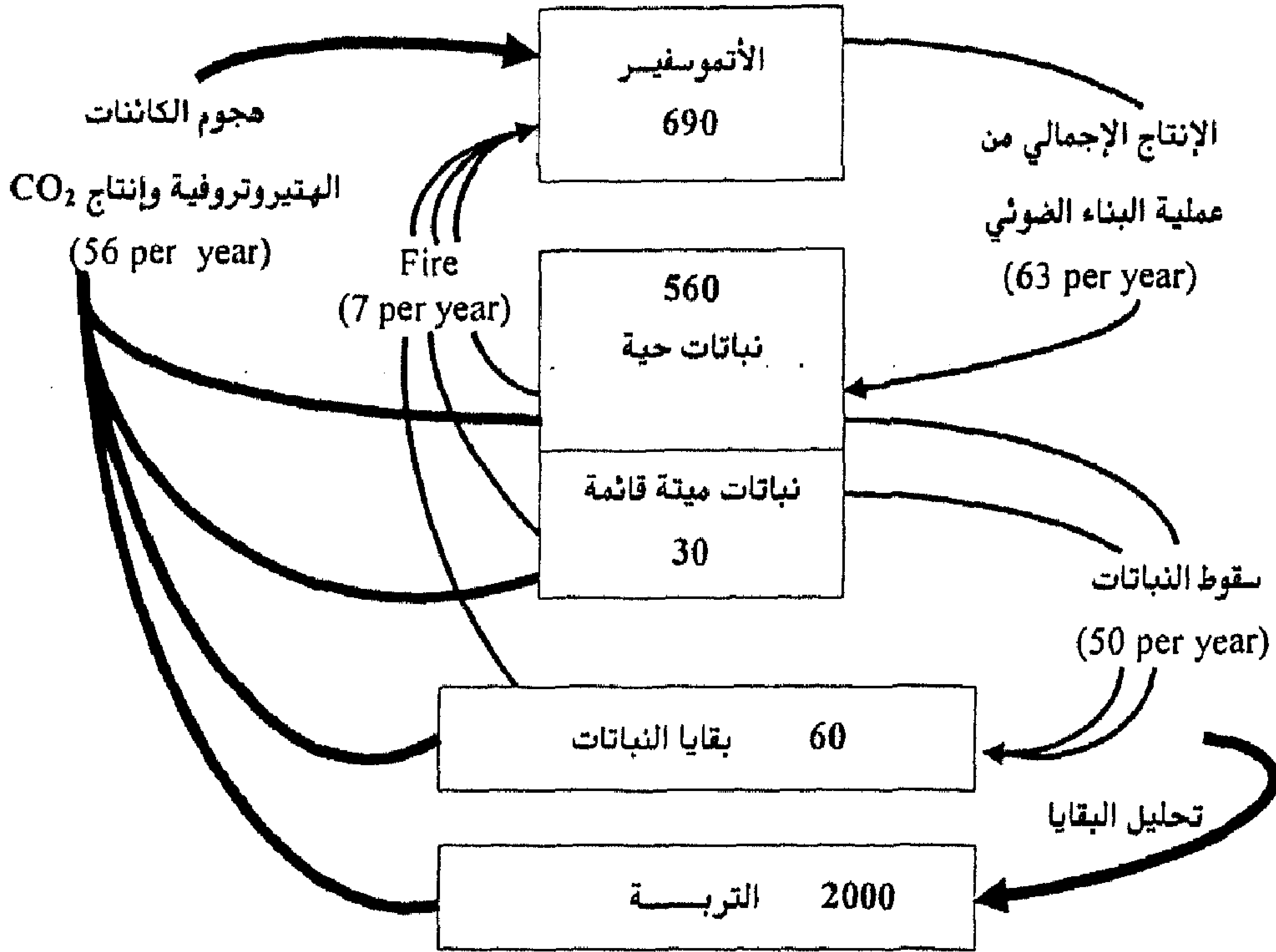
تعد مناشط الفطريات هي أساس الحياة على هذه الأرض. فدورة الكربون تتضمن عملية تثبيت ثنائي أكسيد الكربون الجوي (شكل رقم ٦) في المادة العضوية عن طريق البناء الضوئي. وتلعب الفطريات الدور الأهم في عملية تحليل هذه المادة العضوية وبذلك تعيد ثنائي أكسيد الكربون للغلاف الجوي مرة أخرى. وبدون هذه العمليات التحليلية، فإن الحياة على الأرض قد تصل لمنتهاها في عدة عقود بسبب تراكم البقايا النباتية ونقص ثنائي أكسيد الكربون اللازم لعملية البناء الضوئي. هذه العملية التحويلية ليست فقط ذات أهمية لغاز $CO_2$ أنما أيضاً لكثير من العناصر وعلى رأسها النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم .

تقدر كمية الكربون على الكرة الأرضية بحوالي بليون ($١٠^{١}$) طن متري، يتواجد في مصادره الأساسية وتحولاته، يتواجد غالبية الكربون الجوي في صورة $CO_2$، أما الموجود في النبات فهو في صورة سليولوز ملجنن Lignified cellulose. وتعمل الفطريات على إعادة ٥٦ مليون طن متري سنوياً من $CO_2$ للغلاف الجوي.

تلعب الفطريات دورها البالغ في اتزان النيتروجين حيث تعمل على تحويل النيترات والأمونيا إلى نيتروجين عضوي، كما تعمل على تحول النيتروجين العضوي إلى أمونيا (شكل رقم ٧).

تتسبب الفطريات بمناشطها الحيوية في إتلاف الكثير من المواد المحفوظة، فهي لا تترك أي مادة غذائية دون أن تنمو عليها. كما تهاجم المصنوعات الخشبية والجلدية والأقمشة والمنسوجات وأحياناً العدسات، كما تتلف الكثير من المخطوطات النادرة، ويعاني الكثير من المتاحف العالمية، وتنفق مبالغ هائلة لوقاية اللوحات النادرة من فعل الفطريات. وليست عملية معالجة مومياء رمسيس الثاني ضد إصابة الفطريات لها بعيدة عن الأذهان (شكل رقم ٨).



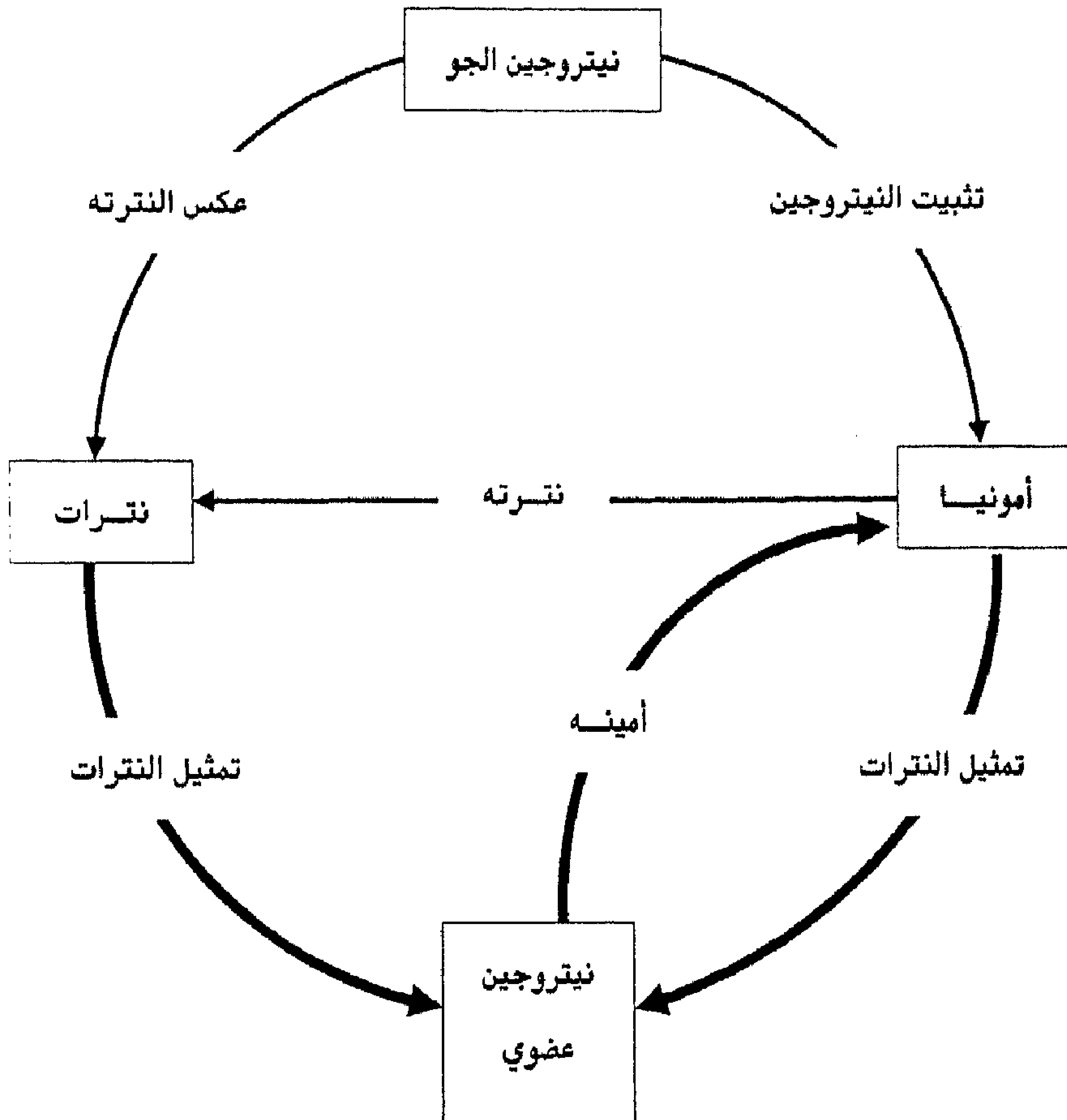



شكل رقم (٦): دورة الكربون على الكرة الأرضية.

الأرقام موضحة بالبليون ($١٠^٩$) طن متري لعنصر الكربون.

يوجد الكربون في الأتموسفير (الهواء الجوي) في صورة ثنائي أكسيد الكربون وفي النباتات في صورة لجنوسليولوز. الأسهم الرفيعة توضح العمليات الطبيعية أو مناشط الكائنات ضوئية التغذية Phototrophs (على الأخص النباتات)، والأسهم الغليظة توضح أماكن مناشط الفطريات، وعلى رأسها الدور الهام للفطريات في تحليل اللجنوسليولوز.*

* الأرقام مأخوذة من مرجع Numerical Data والشكل من كتاب The Fungi: انظر قائمة المراجع




شكل رقم (٧): دورة النيتروجين.

تمثل الأسهم الغليظة دور الفطريات في هذه الدورة. النيتروجين بالهواء الجوي يماثل ألف مـرة كميـة الكربـون في الطبيعة (حوالي ١٠^١٥ طن متري)، إلا أن معدل خروجه ودخوله للغلاف الجوي مقارنة بالكربون ضـئيلة. وتقـدر هذه الكمية بـ ٢٥٠ مليون طن متري. يتم تثبيت ٧٠٪ من هذا النيتروجين حيوياً، ٢٠٪ صـناعياً، والبـاقي ١٠٪ بوسائل أخرى. تستطيع أوليات النواة فقط تثبيت النيتروجين حيوياً. تستطيع غالبية الفطريـات تمثيـل الأمونيـا والنترات.*

* انظر The Fungi: قائمة المراجع



شكل رقم (٨): الدمار الناتج عن إصابة أحد الأيقونات بالفطريات.

تهاجم الفطريات النباتات الحية والبذور المخزونة، فتؤدي لأمراض خطيرة قد تقضي عليها إذا لم يتدخل الإنسان لوقف نشاطها. ولا زالت ذاكرة التاريخ تحتفظ بما أحدثه الفطر

*Phytophthora infestans* لزراعات البطاطس من أضرار ومجاعات غيرت مجرى التاريخ. وأمراض أصداء النجيليات والتفحمات (انظر شكل رقم ٢) والبياض وأعفان الثمار والدرنات، كلها مشاكل تُنفق الملايين من أجل تقليل خسائرها والحد من انتشارها.

كما تعمل مناشط الفطريات على إنتاج السموم مثل قلويدات الارجوت للفطر *Claviceps purpurea* وفوميتوكسين Vomitoxin من الفطر *Fusarium graminearum* والروبريتوكسين Rubritoxin من الفطر *Penicillium rubrum* والأفلاتوكسين Aflatoxin من الفطر *Aspergillus flavus*، ذات التأثير شديد الخطورة على الصحة العامة.

وبالرغم من هذه المشكلات، فالإنسان لا يمكن أن ينسى نعمة مذاق الأنواع المختلفة من عيش الغراب وعيش الغراب المحاري والفطريات التحت أرضية Tuber وغيرها من الفطريات المأكولة. كذلك، لا يمكن أن نهمل دور الخميرة في صناعة الخبز، ودور الفطر *Penicillium roqueforti* في صناعة الجبن الركفورد، والفطر *P. cambemberti* في صناعة الجبن الكاممبري طيب المذاق.

منذ أن أُدخل البنسلين للاستخدام الطبي عام ١٩٤٠م في أكسفورد والمنتج من الفطر *Penicillium notatum* ثم تحسين إنتاجيته من الفطر *P. chrysogenum* في أمريكا باستخدام المزارع المغمورة، دخلت الفطريات من أوسع الأبواب مجال التكنولوجيا الحيوية Biotechnology، هذا المصطلح الذي أصبح من أكثر المصطلحات انتشاراً بين أوساط العامة من الناس.

وليس هذا هو المضاد الحيوي الوحيد ذو الأصل الفطري المستخدم طبياً ولكن توجد عدة مضادات حيوية واسعة الانتشار منها: سيفالوسبورين Cephalosprins ، والذي عرف أول مرة عام ١٩٤٥م من الفطر *Cephalosporium acremonium*. هذا المضاد الحيوي الذي أمكن تصنيف عدة تراكيب منه أطلق عليها Cephalosporin P و N والأول مضاد للبكتريا

الموجبة لصيغة جرام والثاني مضاد للبكتريا السالبة لصيغة جرام، والثالث هو C وهو مضاد حيوي واسع المدى.

من المضادات الحيوية واسعة الانتشار المضاد المعروف باسم جريزيوفولفين Griseofulvin والذي عُزل لأول مرة عام ١٩٣٩م من الفطر *Penicillium griseofulvum* وهو من المركبات الحيوية القليلة التي تحوى الكلوريد في تركيبها. وقد اتضح أنه يؤثر على الكثير من الفطريات المرضة للنبات. وعندما اُستخدم طبياً وُجد أنه يتركز في الطبقات الكيرياتينية للجلد وذلك عند تعاطيه بالفم، حيث يعمل على تثبيط الفطريات المسببة للأمراض الجلدية.

المضاد الحيوي حمض فيوزيديك من الفطر *Fusidium coccineum* وهو مركب إستيرويدي Steroid يضاد البكتريا الموجبة لصيغة جرام.

المضاد الحيوي فيوماجيللين Fumagillin الذي ينتج من عدة أنواع من جنس *Aspergillus*، ومن المواد النشطة ضد البروتوزوا Protozoa، كما يستخدمه مربوا النحل لوقاية الخلايا من إزعاج *Nosema apis*، كما يستخدمه البياطرة لوقاية الكلاب من الإصابة بالأميبا.

مادة سيكلوسبورين.أ Cyclosporin.A مادة ببتيدية حلقية من الفطر *Tolypocladium inflatum* والذي يستخدمه الآن جراحوا زراعة الأعضاء لوقف الرفض المناعي للأعضاء المزروعة. ويقدر إجمالي الاستثمارات في مجال الصناعات الدوائية بحوالي ٨,٥ بليون ($١٠^{٩}$) دولار عام ١٩٨٦م، ويصعب الآن إعطاء رقم دقيق حول الاستثمارات في هذا المجال.

يعد البروتين ذو الأصل الميكروبي Single Cell Protein (SCP) وهو أمل الفقراء لإنتاج البروتين رخيص الثمن باستخدام مصادر نيتروجينية معدنية متوافرة من أهم مجالات

التكنولوجيا الحيوية للفطريات. من المصادر ذات الأهمية هي الهيدروكربون البترولي والغاز الطبيعي، حيث تستخدم الخميرة *Candida tropicalis* و *lipo* (Candida) *Saccharomycopsis*. وتستخدم أفراد الجنس *Pichia* لإنتاج البروتين من الميثانول.

ينمي الفطر *Fusarium graminearum* على المواد العضوية فيعطي نمواً ميسليومياً يماثل ملمس اللحم، ومحتواه البروتيني عال، ذو تركيب مرض من الأحماض الأمينية، مع انخفاض محتواه الدهني مقارنة باللحم ويختفي فيه الكوليسترول الحيواني تماماً. وعلى ذلك، فإن هذا البروتين الفطري يعد من الأطعمة الصحية ذو الاسم التجاري Quorn® (شكل رقم ٩).

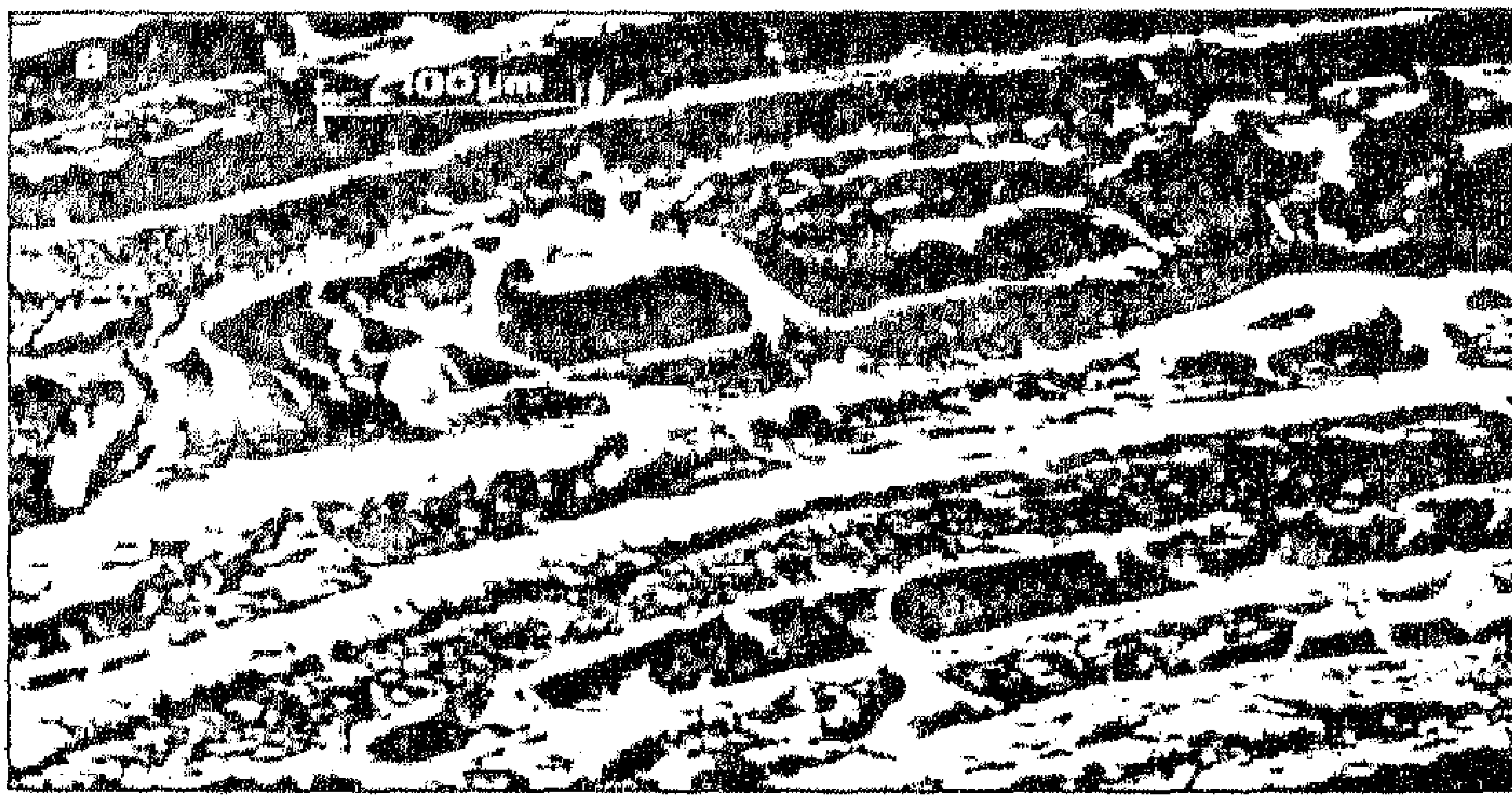
وهكذا يتزايد الاعتماد عاماً بعد عام على الفطريات كمصدر – لا ينضب – من العقاقير الدوائية والمركبات الهرمونية والعناصر الغذائية. ليس هذا فحسب، فلقد دخل الفطر كأحد العوامل الهامة لاستخلاص العناصر النادرة من المعادن. ولا يزال الباب مفتوحاً.....

## مراجع للاستزادة


- Dix, V.J. and J Webster. 19, Fugal Ecology. Chapman & Hall.
- Carlile, M.J. and S.C. Watkinson (1994). The Fungi. Academic Press, London.
- Bolin, B., Degens, E.T., Kempe, S. and Ketner, P. eds.(1979). The global carbon cycle. Scintific Committee on Problems of the Environmental of the International Council of Scientific Unions, Vol.13. Wiley, Chichester.
- Bu'Lock, J.D. and Kristiansen, B., eds.(1987). Basic Biotechnology. Academic Press. London.



A




B

شكل رقم (٩):

(A) بروتين وحيدات الخلية (SCP) . صورة بالميكروسكوب الإلكتروني الكاسح للبروتين الفطري ®Quorn المحضر من الفطر *Fusarium graminearum* .

(B) صورة مماثلة لقطعة من اللحم. هيئات الفطر في البروتين الفطري تعطي نفس ملمس ألياف العضلات في اللحم*

* انظر The Fungi: قائمة المراجع

## ١-٤ الخواص العامة للفطريات

## General characteristics of fungi

من الصعوبة بمكان وضع تعريف محدد لخواص تلك الكائنات التي يطلق عليها مجتمعة الفطريات. وعموماً فهي كائنات هيتيروترفية Heterotrophic غير ذاتية التغذية، غير قادرة على القيام بعملية البناء الضوئي، تتغذى بالامتصاص Absorptive. جسدها (الثالوس) ليس هلامياً non-plasmodial.

قد يكون الثالوس وحيد الخلية أو خيطي Filamentous، يعطي بتجمعه الغزل الفطري (الميسليوم)، والخيط قد يكون مقسم Septate أو غير مقسم non-Septate. نموذجياً غير متحرك non-motile (ذو انسياب بروتوبلازمي خلال الميسيلوم)، إلا أن المراحل المتحركة (مثل الجراثيم السابحة Zoospores) قد توجد، الجدار الخلوي واضح محدد التركيب، نموذجياً مكوتن، ويوجد السليولوز في الفطريات البيضية، النواة حقيقية eukaryotic، عديد الأنوية، الميسليوم قد يكون متماثل النوى أو متباينها، أحادي الصبغيات أو ثنائي. والحالة الأخيرة مرحلية. دورة الحياة من بسيطة إلى معقدة، لا جنسية أو جنسية، متوالفة أو غير متوالفة الثالوس، الحوافظ الجرثومية صغيرة أو كبيرة الحجم ذات نسيج ضعيف التمايز. *

### ١-٤-١ الثالوس

### The thallus or trophic phase

من التعريف السابق، فالثالوس أو الطور المغتذي Thallus أو Trophic phase (أي الطور المختص بالتغذية والنمو) يتركب نموذجياً من خيوط متجمعة تعرف بالغزل الفطري

* انظر: Hawksworth, D.L., Sutton, B.C. and G.C. Ainsworth (1983). Dictionary of the Fungi. 7[th] edt. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey

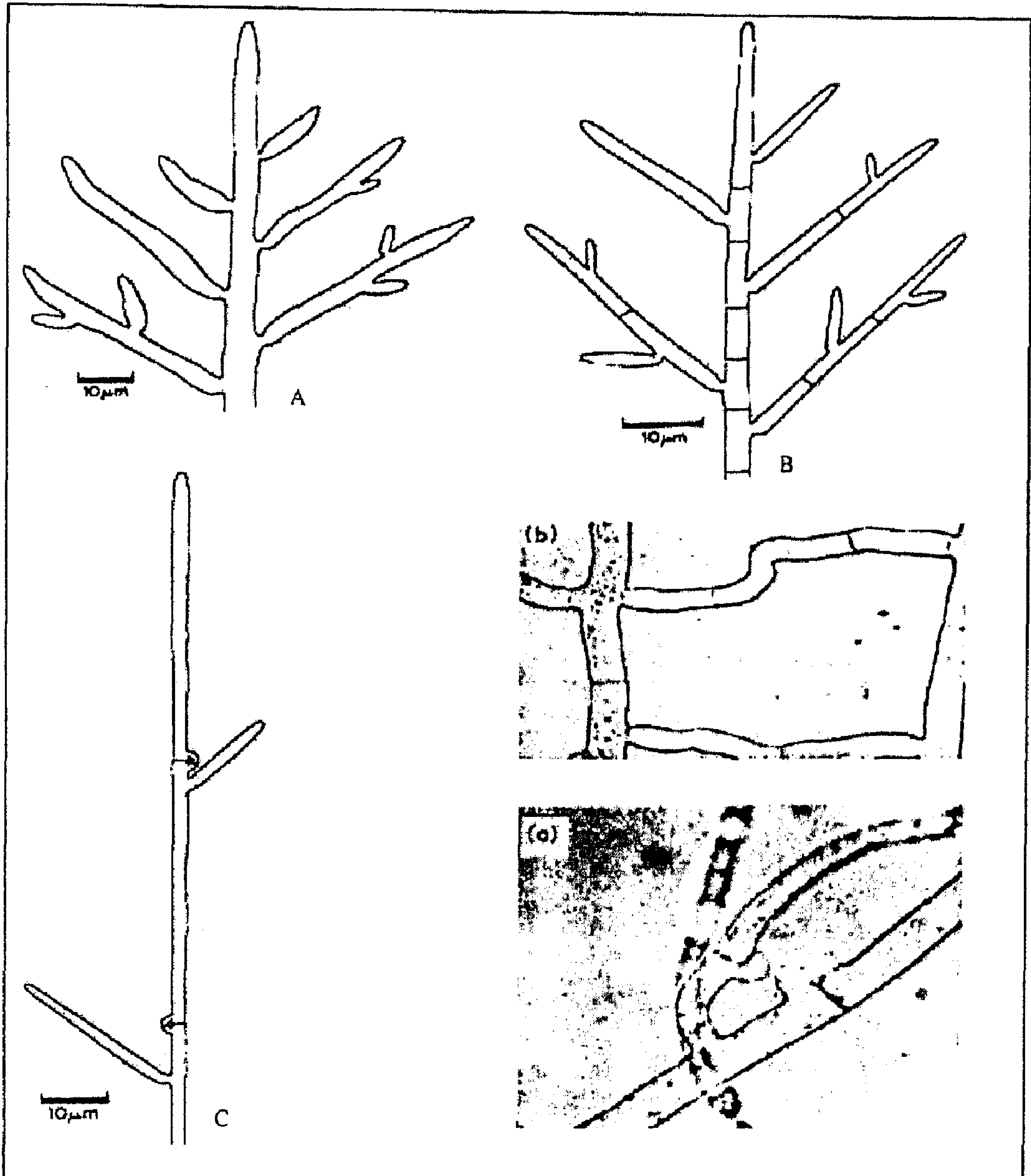
(ميسليوم) mycelium، باستثناء بعض الأفراد الكيتريدية والخمائر، وهذه لا تعطي ميسليوم. الوحدة الأساسية المكونة للميسليوم هي الهيفا Hypha، نموذجياً هي خيطية Filamentous (ما عدا في الظروف الفسيوايكولوجية غير العادية). وقد يتفاوت شكل وهيئة الهيفا وعلى الأخص في تلك التي تشترك في تكوين التراكيب الخضرية الساكنة Survival، وفي الأجسام الماكروسكوبية التكاثرية.

يتراوح متوسط قطر الهيفا ٥-٦ ميكرومتر، وتنمو باضطراد تمدد الجدار في قمة الهيفا. ويعد معقد الجلوكان Glucan من المكونات اللويفية لجدر الهيفا ذو مرونة عالية، بدون صلابة، حيث يسمح باطراد النمو (شكل رقم ١٠). ويوضح الشكل أشكال الهيفات في مستعمرة الفطر البازيدي *Phlebia radiate* (شكل رقم ١١).

تعتبر منطقة النمو الفعلية هي المنطقة التي تبعد عن القمة بعدة ميكرومترات، ونهاية قمة الهيفا غير قابلة للتمدد non-extendabale وتعطي ما يشبه الدرع القاوم، فتعطي القدرة على اختراق الطبقات التحتية الصلبة. ويؤدي ترسيب الكيتين (باستثناء الفطريات البيضية وبعض الأسكيات) صلابة عالية لمكونات الجدار.

ينشأ الميسليوم من التفرع المتتالي للهيفات، وفي أغلب الحالات، فالتفرع عادة أحادي الشعبة Monopodial branching، ومتى يشذ عن ذلك فيصبح (محدد النمو عقربي) Sympodail branching أو قد يكون ثنائي الشعبة Dichotomous branching (شكل رقم ١٢).

وفي الحالة الأولى تبقى الوظيفة القيادية في الفرع الرئيسي. تنشأ الأفرع على مسافة ما خلف القمة، هذه المسافة تتفاوت طبقاً لنوع الفطر والظروف البيئية. وحافة الميلسيوم (المستعمرة) هي عبارة عن منطقة محيطة Peripheral zone من خيوط غير متفرعة، تعمل على استمرار النمو الأمامي، وفي الظروف المواتية للفطر، فإن النمو يحدث باطراد.

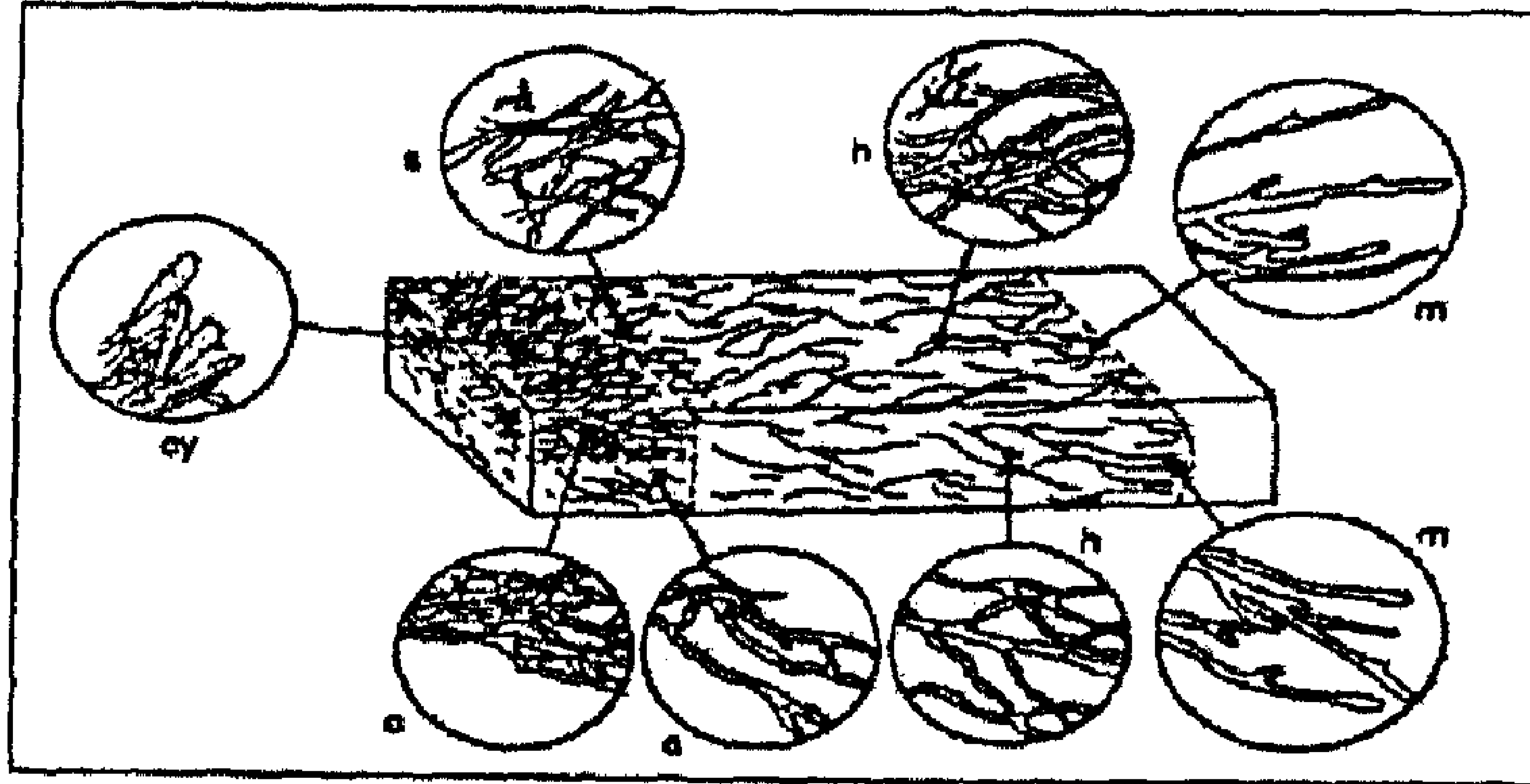



شكل رقم (١٠):

(A) الميسليوم الغير مقسم (في الزيجومسيتات) و (B) المقسم في (الأسكيات)،

وظاهرة تكوين الروابط الكلابية (C) في الفطريات البازيدية.

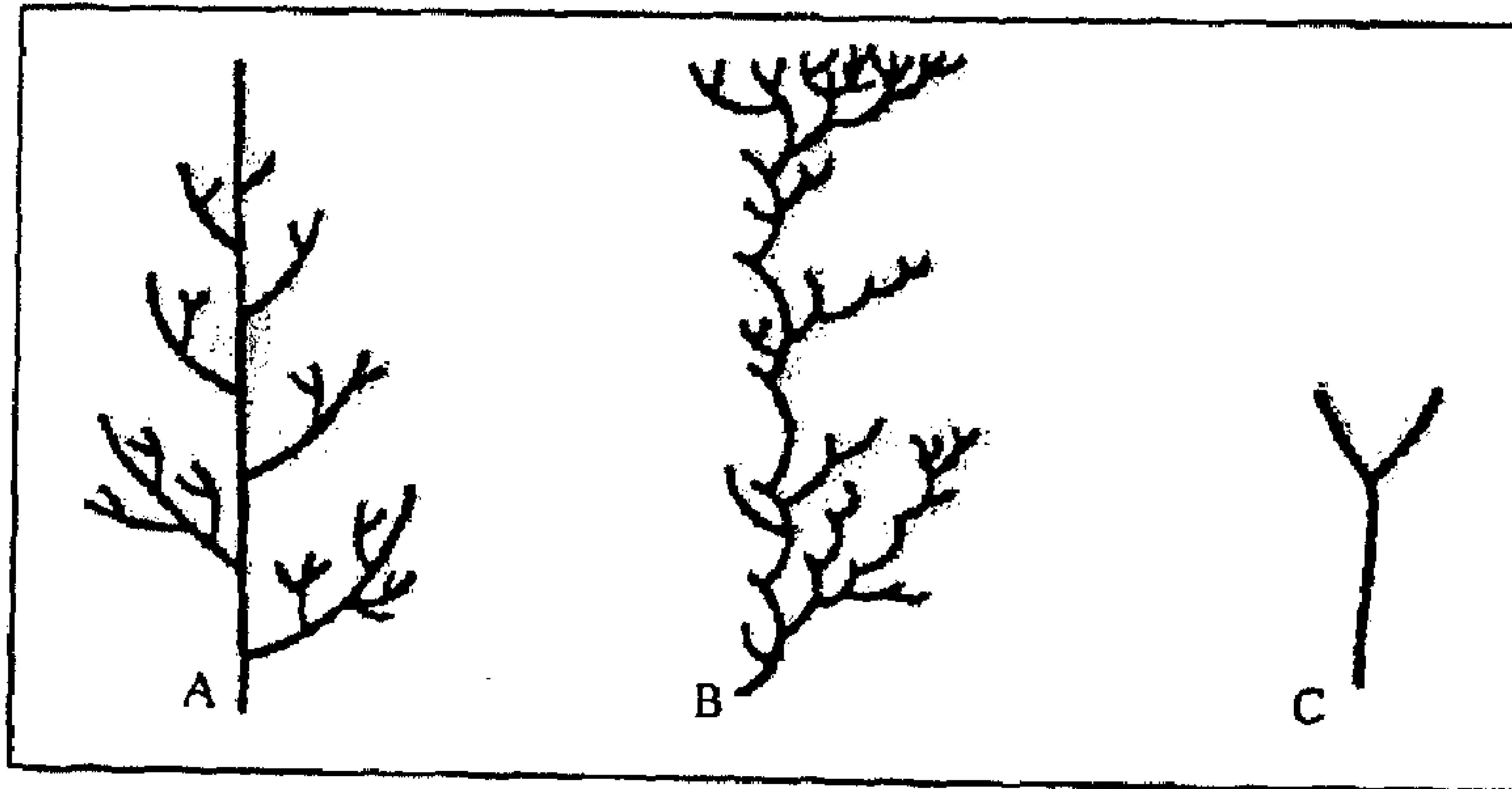





شكل رقم (١١):

خواص المستعمرة ثنائية الأنوية للفطر *Phlebia radiate* نامياً في وسط آجار المولت.

إتجاه النمو من اليسار لليمين، الصف العلوي يمثل الهيفات السطحية، والأسفل يمثل الهيفات المطمورة، في الوسط: الرمز (m) هيفات حافية تمثل مدمج خلوي، و (h) هيفات متباينة، و (s) هيفات متباينة مقسمة بجدر عرضية، (c) هيفات ذات روابط كلابية واندماج جسدي و (cy) حوامل بازيدية.




شكل رقم (١٢):

تفرعات الهيفا على حواف المستعمرة. (A) التفرع وحيد الشعبة Monopodial branching لسلالة برية للفطر *Ascobolus immerses* . لاحظ التفرع على زوايا حادة مع الهيفا الأصلية. وفي الميسليوم غير المتمايز Undifferentiated تظهر التفرعات على زوايا قوائم.

(B) التفرع وحيد الشعبة عقربي Sympodial branching لطفرة من الفطر السابق.

(C) تفرع ثنائي الشعبة Dichotomous branching في الفطر *Geotrichum candidum**

* راجع: Transaction of the British Mycological Society 55, 17-28

## ١-٤-٢ التفرعات الأولية

## Primary branches

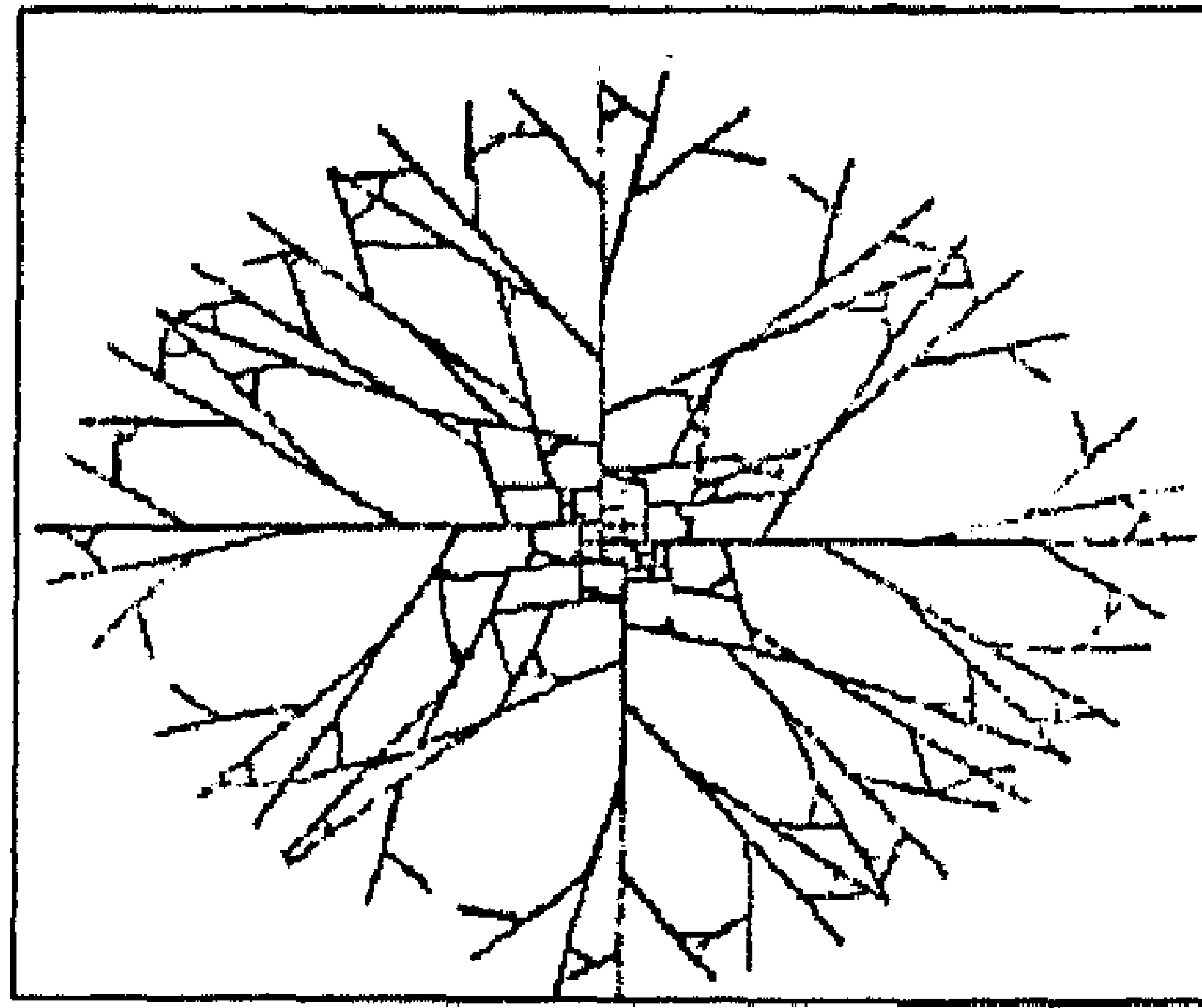
مثل تلك التي تنشأ من أنبوبة إنبات الجرثومية النامية Germ tube of a germinating spore، تنشأ على زاوية منفرجة مع الهيفا الأمية. إلا أن زاوية التفرع في المراحل التالية تعطي زاوية حادة، حتى تستطيع الهيفا استغلال الفراغات غير المستعمرة. ويعمل الانجذاب الكيماوي وظروف التهوية والتدرج في تركيز المغذيات، الدور الأساسي في تحديد المسافات بين الهيفات في الميسليوم النامي. وينمو الميسليوم بامتصاصه للمغذيات وذلك بفضل الإنزيمات التي يقوم الفطر بإفرازها بغرض إسالة وإذابة الطبقة التحتية، حيث تنمو هيفات الفطر.

الإنزيمات الفطرية المحللة لمعقدات الطبقة التحتية هي جليكوبروتين عالي الثبات Extremely stable glycoproteins، حيث ينتشر خلال الطبقة التحتية لمسافة ما. أما إذا كان قطر ثقوب الطبقة التحتية صغيراً جداً، فإن الإنزيمات لا تنتشر لمسافات بعيدة، ويصبح التفاعل الذي تحدثه محدد في المنطقة ما بين هيفا الفطر والطبقة التحتية.

وعلى المزارع الغذائية ينمو الميسليوم من نقطة اللقاح بامتداد قطري للهيفا في ثلاثة محاور. وفي الماء أو الأوساط الغذائية السائلة يعطي الفطر شكلاً كروياً، أما على الأوساط الغذائية الصلبة، فإنه يعطي نمواً محدباً مع نموات هوائية تظهر فوق الهيفات المطمورة المخترقة للطبقة التحتية، إلا أن عمق الاختراق يتوقف على التهوية المتوافرة. ولا يعرف إلا القليل عن شكل الميسليوم عندما ينموا على أوساط صلبة في الطبيعة.

خلال النمو الفطري، يبقى عدد الهيفات القائدة في وحدة المساحة من منطقة النمو المحيطة ثابتاً إلى حد ما. ويحدث ذلك بالإسراع من نمو بعض الهيفات الجانبية مع استمرار نمو المستعمرة. وعادة، يكون معدل نمو الفريعات أقل بدرجة ما من الهيفا القيادية.

وفي حالة ظهور فجوة تواجه الهيفا القيادية، يحدث تسارع لنمو الهيفا الجانبية. وهذا ما يحدث إذا ما أُزيلت الهيفا القيادية. وعندما يحدث فقر في المغذيات في المنطقة المحيطة، يختزل التفريع وتتجه الكتلة الحيوية إلى الهيفا القيادية، حيث تسمح لها بالنمو السريع وبذلك تسمح للفطر بالنمو متخطياً الطبقات التحتية غير الملائمة. ويوضح (شكل رقم ١٣) محاكاة حاسوبية لطريقة نمو الفطر على الأوساط الصلبة.



شكل رقم (١٣):

محاكاة حاسوبية لنمو ميسليوم الفطر في مستوى. حسب النموذج كل مدخلات النظام وقام بتحويلها إلى امتدادات لأطراف هيفات محددة، ومع زيادة المدخول. تفرع الهيفا أقل تكراراً. زاوية الفرع حادة، كما أن الهيفات معزولة بوضوح. ثم التحكم في الكثافة الهيفية عن طريق الاقتران الهيفي والتي تحدث حينما تتلامس الهيفات مع بعضها وبذلك تلعب دورها في اختزال غزارة التفرع. وقد حُسب البروتوبلازم على أنه متصل.*

تزود الهيفا الخضرية بما يسمى بالجدر العرضية Septa وذلك في كل المجاميع التقسيمية للفطريات، عدا الفطريات البيضية والزيجية، حيث يرتبط تكوين الجدر العرضية فيهما بتكوين الأعضاء التكاثرية، وتعرف الهيفا في هذه الحالة بالمدمج الخلوي Coencytes. وفي غيرها من الفطريات، تعمل الجدر العرضية على تقسيم الهيفا إلى أجزاء،

* انظر The Growing Fungus : قائمة المراجع

هي الخلايا بعينها. والجدر العرضية مثقبة بصورة تسمح باتصال السيتوبلازم على طول الهيفا، وتربط بين أجزاء الميسليوم المختلفة. ويؤدي هذا التواصل إلى الحركة الحرة للمواد العالقة بالسيتوبلازم والذائبات عبر الميسليوم. ويمكن مشاهدة حركة سيتوبلازمية نشطة في الهيفا النامية في الظروف المواتية. ويحدث الانتقال عادة تجاه طرف الهيفا، حيث يعمل على حمل الذائبات والحويصلات Vesicles وغيرها من العضيات لمنطقة النمو النشطة ويُفترض أن القوة المحركة لهذا السيال هو خروج الماء من النهاية الطرفية للهيفا من خلال عملية "النتح" Transpiration، كما يفترض أن الحركة تحدث بسبب الانسياب الكتلي للماء بسبب تدرج الضغط الهيدروستاتيكي.

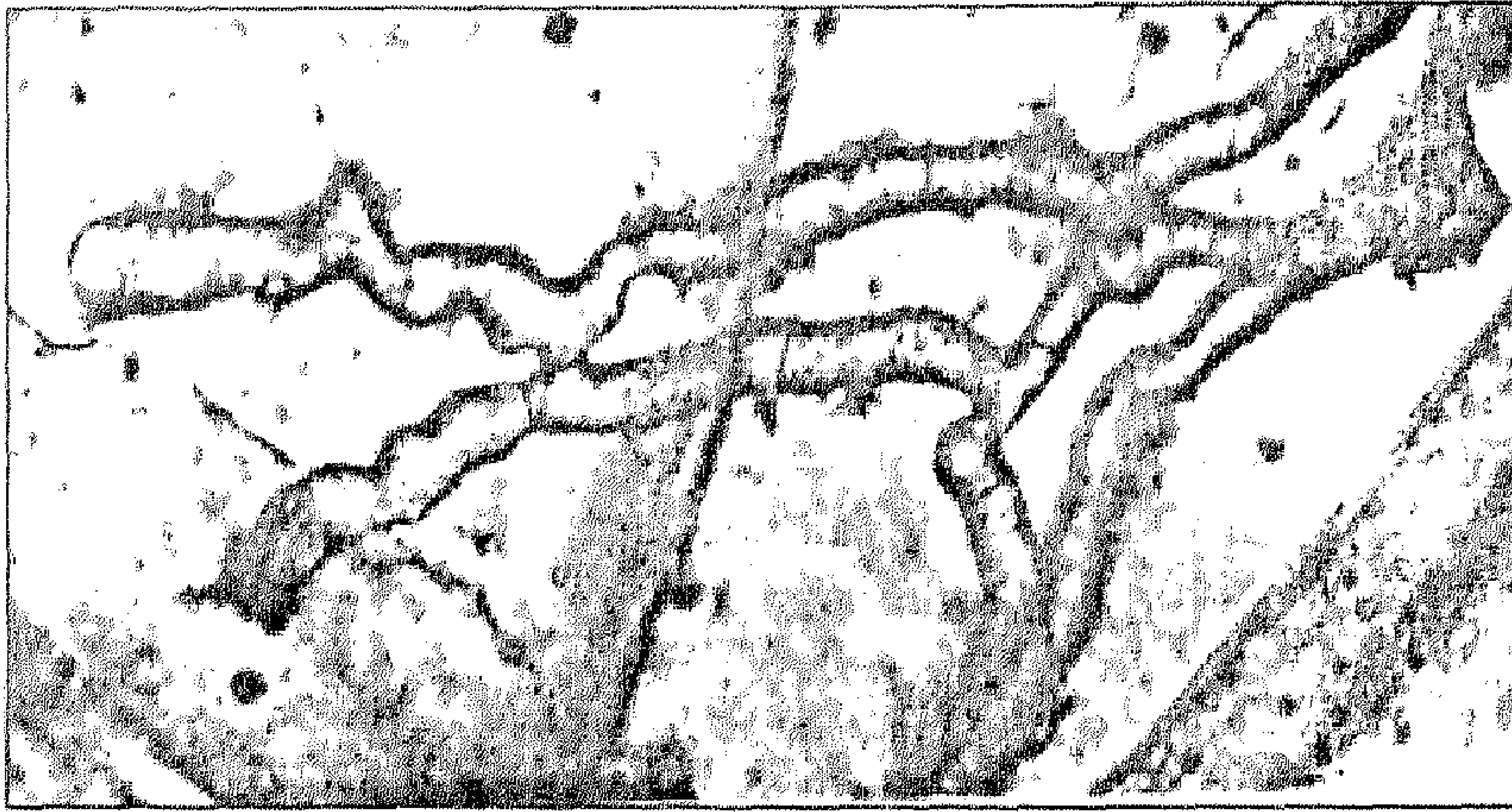
وفي الطبيعة، عندما يصبح الميسليوم أكبر عمراً، تصبح الهيفا مجوفة Evacuated، ويبدو السيتوبلازم في البداية خاملاً حيوياً، وفي النهاية يحدث ذوبان له بالانحلال الذاتي Autolysis، وتتجه مكونات (نواتج) الانحلال في اتجاه طرف الهيفا. وبعد أن يتم إفراغ الهيفا من محتوياتها يصبح الجدار العرضي مقفل (مصمط) تماماً. بعدها يتم تحلل جدار الهيفا بواسطة إنزيمات كيتيناز Chitinases والجلوكاناز Glucanases المفرزة بغيرها من الكائنات الدقيقة. ويحدث التحلل الذاتي إذا تعرضت الهيفا للتجويع، أو إذا ما تعرضت لتوكسينات منتجة من غيرها من الكائنات الحية الدقيقة.

قد يؤدي تحلل الهيفات إلى انفصال واستقلال المستعمرات الوليدةالناشئة. ويحدث هذا بوضوح في أنواع "حلقة النار" Fair ring التي تكونها الكمأة أو فطريات عيش الغراب Toadstools.وبمرور الوقت، فالميسليوم النامي لهذه الأنواع يميل إلى التفتت، تاركاً أجزاء منفصلة من الميسليوم للنمو، فتعطي عدداً من المستعمرات المتناثرة والمتماثلة وراثياً.

تعتبر عملية إعادة تمثيل المادة الحيوية، مع استمرار نمو الميسليوم وسيلة لحفظ النوع واستمرار الحياة، وبعملية حفظ المصادر المتراكمة، يصبح الفطر قادراً على استمرار النمو،

وذلك عندما يقل الإمداد بالمواد الكربوهيدراتية والمغذيات، فتسمح له بالبقاء لفترة حتى تتحسن الظروف.

تنتشر عادة ظاهرة الاندماج الهيفي Hyphal fusion أو ما يعرف بـ Anastomosis في الميسليوم البالغ، وبذلك يُميز بين الميسليوم الناضج عن النامي. ويحدث الإتحاد الذاتي self-to-self fusion بين الهيفات في نفس الميسليوم (شكل رقم ١٤) وبذلك تعمل على ازدياد قوى الاتصال الداخلي والكفاءة الوظيفية.



شكل رقم (١٤):

الاندماج الهيفي في الفطر *Sordaria fimicola*

ويحدث الاندماج عادة بين الهيفات الفتية إما عن طريق اتصال الفم tip-to-tip أو بين قمم الهيفات وقمم الأطوار الكاملة (الجنسية) عن طريق فرعيات جانبية قصيرة (شكل ١٥).

وقد يحدث اندماج ناجح غير ذاتي non-self fusion بين هيفات السلالات المتوالفة (المتوافقة) Compatible لنفس النوع.وإذا ما أعقب اندماج الجدار، اندماج السيتوبلازم Plasmogamy، يحدث انتقال للأنوية وغيرها من العضيات، وهذه قد تؤدي إلى التباين النووي Heterokaryon، حيث تتزامل أنوية متباينة وراثياً في نفس الهيفا المتوالفة.

A

B

C

D

شكل رقم (١٥):

الاقتران الجسدي Hyphal anastomosis

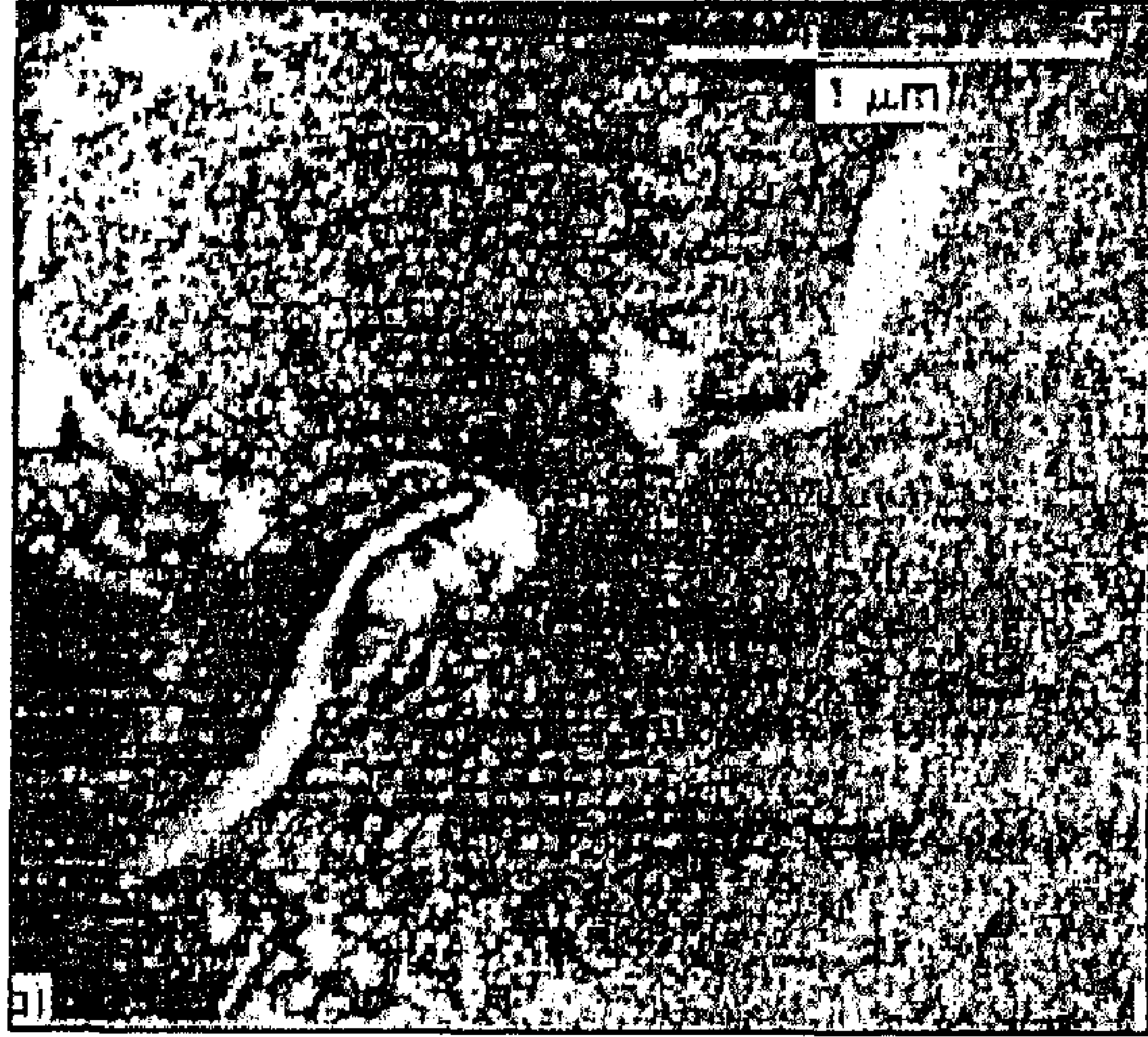
(A) اقتران طرفي هيفاتين

(B) اقتران طرف هيفا مع نتوء جانبي

(C) اقتران نتوءين جانبيين

(D) اقتران طرف هيفا مع هيفا من الجنب

ومن هذه المنطقة المتباينة نووياً، ينشأ الميسليوم المتباين النوى: إما بانقسام الأنوية وهجرتها عبر الميسليوم عن طريق الثقب الموجود بالجدار العرضي (شكل رقم ١٦)، أو بنمو هيفي من الجزء المتباين النوى. ويحدث انتقال الأنوية إما بانقباض الهيكل السيتوبلازمي أو عن طريق الأنيبيبات.




شكل رقم (١٦):

شكل يوضح عملية عبور النواة عبر ثقب الحاجز العرضي في الفطر *Sordaria brevicolliy*.
يلاحظ النواة التي أخذت الشكل ثنائي الرأس Dumbbell shape بسبب حدوث اختناق في الجزء الوسطى منها. *

ولا يُعرف إلا القليل عن الآلية المتحكمة في حدوث الاقتران الهيفي وحدوث التباين النووي. ويتوقف الاقتران الناجح على التعارف Recognition بين الهيفات المتوالفة. وتحدث بدايات التعارف عن طريق منبه كيماوي Chemical signal والتي تنتج من أحد الهيفات، وتؤدي إلى استجابة الهيفا المتوالفة كيماوياً Chemotactic growth، ويمكن الكشف عن هذا المنبه لمسافة تزيد عن ٢٥٠ ميكرومتر من مصدرها.

* انظر The Growing Fungus : قائمة المراجع

ويبدو أن هذا الطور يحدث بصورة منفصلة عن عملية الاقتران البلازمي وقد يحدث بين سلالات نفس النوع الغير متوالفة، كما تحدث كثير من الإقترانات الهيفية، إلا أنه عقب حدوث الإقتران البلازمي، يحدث تفاعل مميت بعد عدة ساعات.

للتباين النووي أهمية نظرية بالغة، فإذا ما تواجدت أنوية مختلفة وراثياً، أحادية الصبغيات في نفس الميسليوم، فإنها تسمح للكائن بأن يحافظ على احتياطي عالي من المادة الوراثية في العشيرة، ففي حالة التباين النووي، تحافظ كل نواة على فرديتها وكل جين له الحرية المطلقة للتعبير عن نفسه، بطريقة قد لا تتوافر في الأنوية ثنائية الصبغيات، وبالانتخاب الانقسامي لأنوية مناسبة، يصبح التباين النووي مسئولاً عن التغيير بدون حدوث إعادة ترتيب وراثي، عن طريق تغيير صفات الأنوية المختلفة بالميسليوم.

كما يعمل التباين النووي على إعادة الترتيب الوراثي بعيداً عن التكاثر الجنسي عن طريق ما يسمى بالدورة الجنب جنسية Parasexual cycle. وهذه قد تشرح كيف تبدى كثير من الفطريات بدون تكاثر جنسي. ذلك التباين الوراثي المتزايد كما يحدث للفطر *Penicillium* والجنس *Pericularia* (*Magnaporth*).

ومن ناحية أخرى، قد يؤدي التباين النووي لبعض التأثيرات على حياة الفطر، وفي الطبيعة تكون عملية حدوث التباين النووي محدودة بشدة، لا تحدث إلا عندما تبدى الأنوية المشتركة تماثل شديد في كثير من المواقع على الصبغيات.

وفي حالة الفطريات المتطفلة على النباتات، ينمو ميسليوم الفطر على سطح النبات العائل، وعلى الأخص تلك المتطفلات البيوتروتية Biotrophic Parasites فإن الفطر يحصل على غذائه عن طريق ما يسمى عضو الامتصاص Haustorium. وعضو الامتصاص هو طرف هيفا قامت باختراق جدار الخلية النباتي، ثم انتفخت من قمتها وفقدت قدرتها على النمو القمي. عادة لا يتحطم الغشاء البلازمي لخلية العائل، ولكنه ينغمد للداخل.

## مراجع للاستزادة


- Alexopoulos, C.J. and Minms, C.W. (1979). Interductory Mycology, 3ed. Wiley, Chichester.
- Gow, N.A.R. and Gadd, G.M., eds(1994). The growing Fungus. Shapman and Hall, London.
- Carlile, M.J. and Watkinson, S.C. (1994). The Fungi. Academic Press, London.

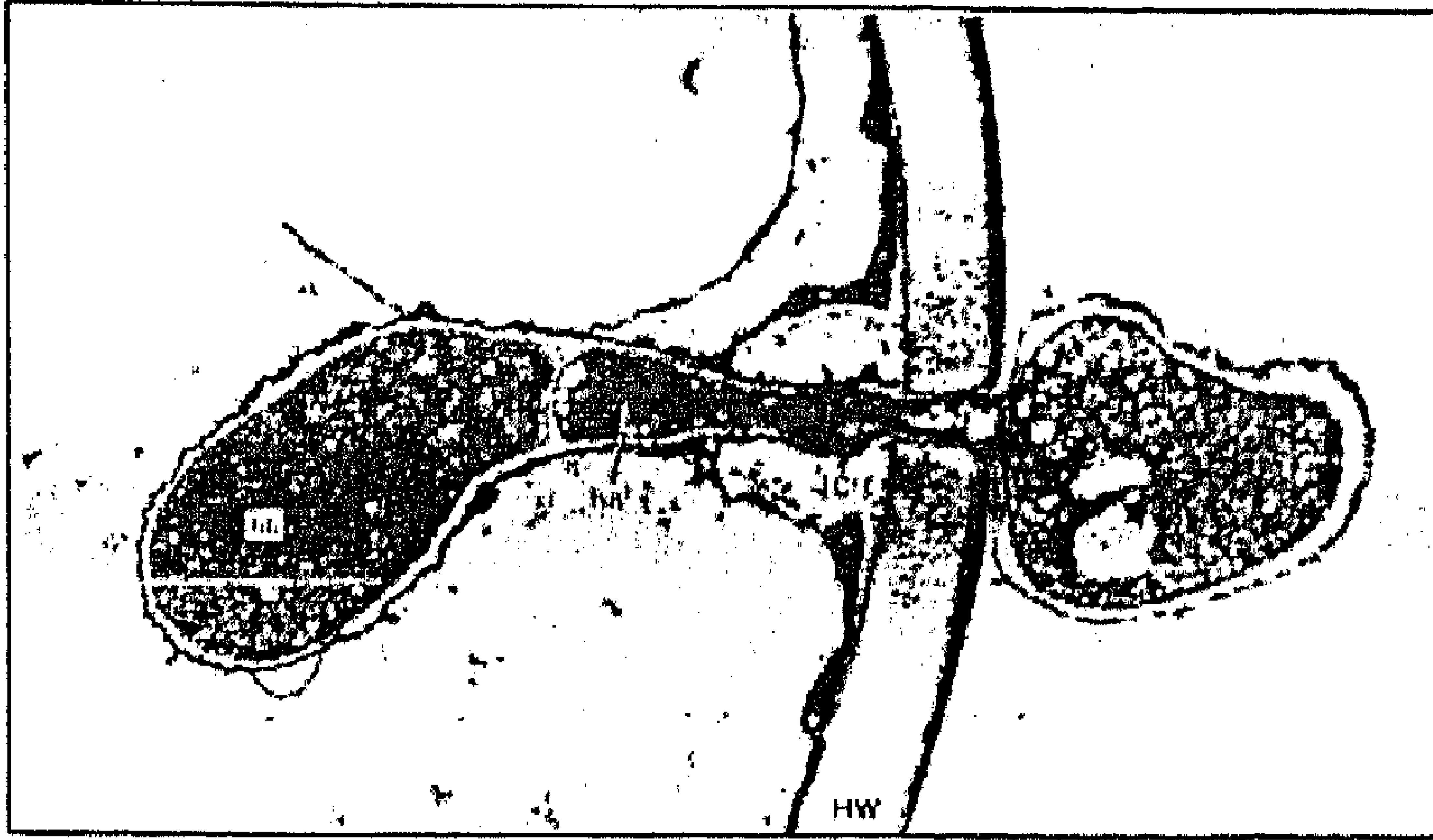

## ١-٥ التركيب الدقيق للخلية الفطرية

## Fine structure of fungal cell

مع التقدم الكبير في صناعة الميكروسكوبات وظهور الميكروسكوب الإلكتروني، أمكن معرفة أن الخلية الفطرية هي تركيب نموذجي لخلية حقيقية النواة. ويعد التركيب الدقيق للخلية الفطرية من أهم مميزاتها الذاتية التي تميزها عما عداها من خلايا حقيقيات النواة.

يتفاوت قطر هيفا النوع الواحد من الفطريات، ويرجع ذلك للظروف البيئية وموقع الهيفا من المستعمرة. كما توجد اختلافات واضحة في القطر بين الأنواع المختلفة. فقطر الهيفا الحافية في مستعمرة الفطر *Aspergillus niger* يتراوح من ٣-٤ ميكرومتر، أما الهيفا الطرفية لفطر *Neurospora crassa* فيزيد عن ١٠ ميكرومتر.

تُقسم الهيفا إلى وحدات عن طريق الجدر العرضية. وفي الفطر *Aspergillus nidulans*، فإن المكون الطرفي Apical compartment، والذي يشمل طرف الهيفا يصل طوله إلى ٣٠٠-٤٠٠ ميكرومتر، أما الخلايا التالية فيصل طولها إلى ٥٠ ميكرومتر. وتصل الهيفا لأقصى قطر لها خلف القمة النامية بحوالي ٣٠ ميكرومتر. يظهر طرف الهيفا عادة على شكل نصف دائرة Hemispherical.




شكل رقم (١٧- ب):

ممص الفطر *Erysiphe graminis*. (HW) جدار الخلية و(hn) رقبة الممص و (hb) خلية الممص و(Cl) السوار. *

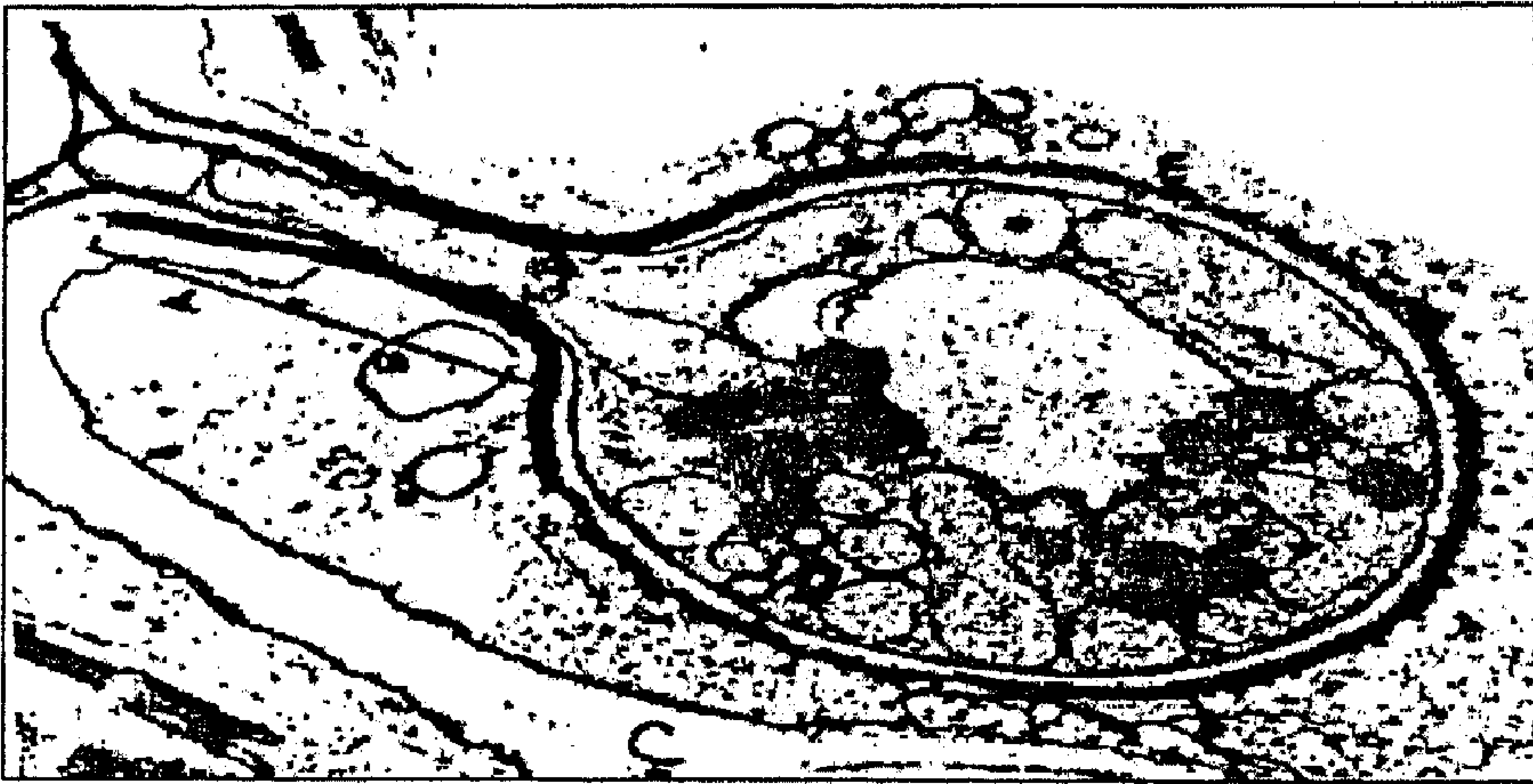
في حالة فطريات البياض الدقيقي والأصداء، فإن الغشاء البلازمي للعائل حيث يوجد الإنغماد حول الممص، فتختلف تركيبياً عن بقية الغشاء بعيداً عن الممص. فالجزيئات السطح غشائية Intermembrane particle تبدو في التحضيرات freez - fracture غير موجودة في الغشاء الطبيعي، وتبدو عديدات التسكر واضحة على السطح الخارجي. وبسبب هذه الاختلافات فإن الغشاء المتحور يطلق عليه Extrahaustorial membrane. من التماثلات الأخرى التي توجد بين ممصات فطريات الأصداء وفطريات البياض الدقيقي، والتي لا ترى في فطريات البياض الزغبي هو تلك الحزمة ذات الكثافة العالية حول رقبة الممص والتي تستطيل لتشمل كلاً من الخلية النباتية وغشاء الهيفا.

---

انظر Garraway and Evans (1984) : قائمة المراجع

ويتلامس كل من الممص مع البلازموليما من الخارج.

يختلف تركيب عضو الامتصاص باختلاف الوضع التقسيمي للفطر المرض. ففطريات البياض الدقيقي رتبة Erysiphales ذات ممص مفصص أو إصبعي الشكل فيعطي مساحة تلامسية عالية بالنسبة لحجمه. تُفصل الممصات عن الميسليوم بجدار عرضي ذو ثقب مركزي، كما توجد نواة واحدة بداخل كل ممص (شكل ١٧- ب)، أما ممصات فطريات البياض الزغبي Downy mildew (شكل ١٧- أ) فليس لها جدار عرضي وتتصل اتصالا مباشراً بالميسليوم البيني. والممص في هذه الحالة يحوي عدداً متفاوتاً من الأنوية. أما ممصات فطريات الأصداء فهي بسيطة شكلاً إذا نشأت من ميسليوم ناتج عن إنبات جرثومة يوريدية أو تيليتية، أما تلك التي تنشأ عن إنبات الجرثومة البازيدية فتعطي ممص خيطي Filamentous. وبالرغم من تلك الاختلافات في شكل الممص بين المجاميع التقسيمية المختلفة، إلا أنه توجد تماثلات تركيبية بينها.



شكل رقم (١٧- أ):

شكل مكبر لعضو امتصاص الفطر البيضي *Albugo candida* في خلية العائل، يلاحظ وجود الغشاء البلازمي للعائل والطفيل متباعدان بشكل واضح ولا يلتصقان إلا في منطقة العنق Neck ring. عن:

Woods,A.M. and Gray,J.L.(1983). Evidence for a neck band delimiting structural &physiological regions of the host plasma membrane associated with haustoria of *Albugo candida*. Physiological Plant Pathology, 23,71-88.

تدل صورة التكبير الفائق على احتواء الخلية الفطرية بالإضافة للنواة (واحدة على الأقل) على ميتوكوندريا (شكل رقم ١٨) وفجيوات Vacuoles وحويصلات Vesicles وشبكة بلازمية داخلية Endoplasmic reticulum وأجسام جولوجي (شكل رقم ١٩) وريبوسومات Ribosomes، وأنيبيبات Microtubles وأجسام بيروكسيمية Peroxisomes وأجسام هيدروجينية Hydrogenosomes (وهذه لا توجد إلا في الفطريات اللاهوائية إجبارياً) والأجسام الوسيطة Lomasomes (شكل رقم ٢٠).



( أ )



( ب )

شكل رقم (١٨): الميتوكوندريا ذات الانعمادات الصفائحية والأنبوبية.
(أ) الانعمادات الصفائحية في ميتوكوندريا الفطر *Bipolaris maydis*.
(ب) الصفائح الأنبوبية في الهلام *Fuligo septica*.*

* انظر Garraway and Evans (1984) : قائمة المراجع


A

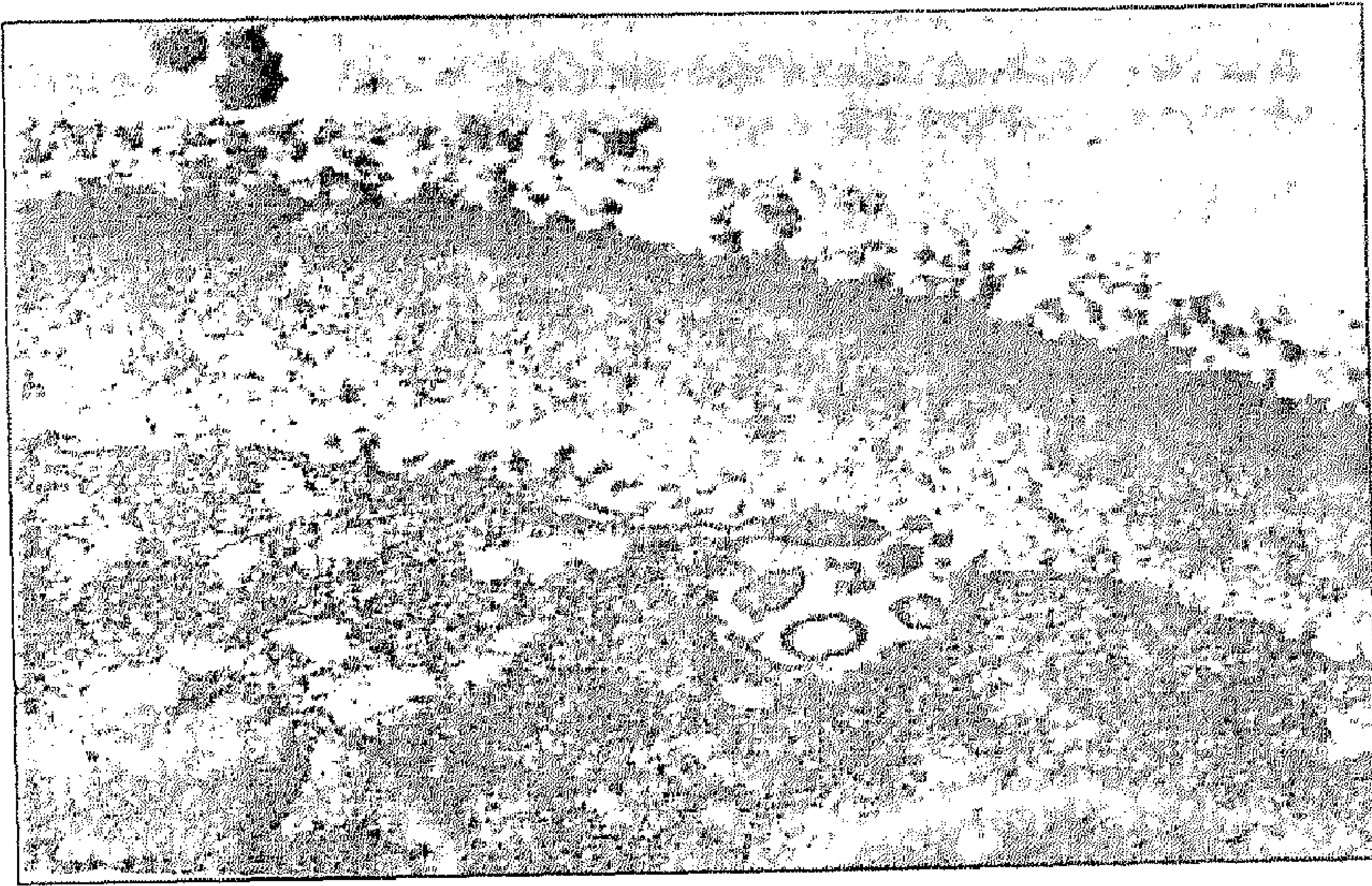

B


C

شكل رقم (١٩): جهاز جولوجي للفطر *Chytridium confervae* .

c,b,a مراحل متعاقبة من نشأة جهاز جولجي في الجرسومة السابحة. (ne) غلاف النواة، (f) الناحية المنشأة لجهاز جولوجي، (m) الناحية الناضجة من الجهاز، (er) الشبكة البلازمية الداخلية المحببة، (v) حويصلة مفصولة. (cf) أخدود حوصلي مفصول، (mt) أنيبيات، (pch) الأجسام البلورية المائية. عن:

Taylor, J.W. and M.S. Fuller (1981).The Golgi apparatus zoosporagenesis, and development of the zoopore discharge apparatus of *Chytridium confervae* Exp. Mycol. 5: 35-59.



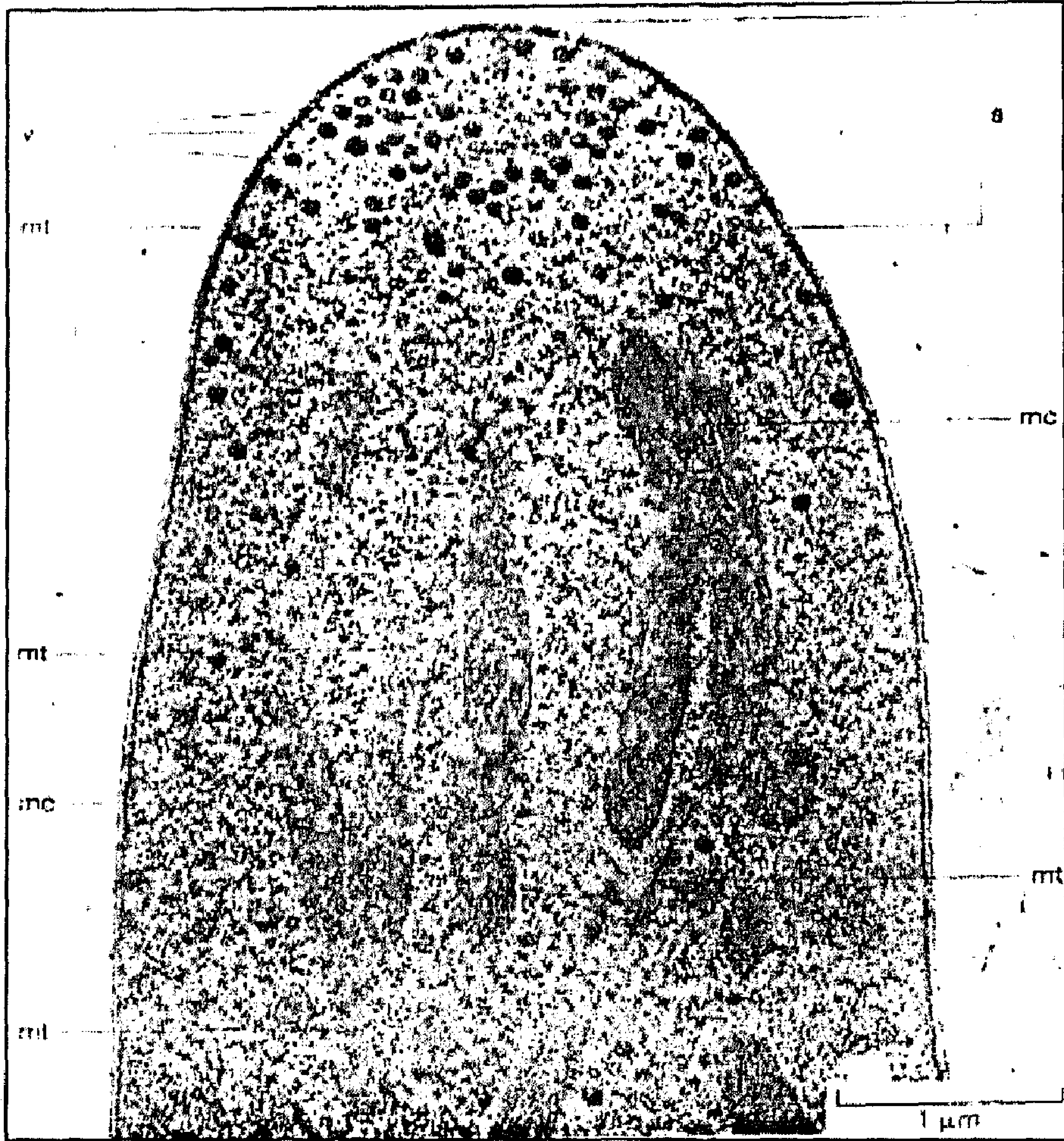
شكل رقم (٢٠):

الأجسام الوسطية Lomosomes في الفطر *Bipolaris meydis*.*

وفي كثير، وليس في كل الفطريات الخيطية، يوجد في منطقة طرف الهيفا جسم ذو كثافة الكترونية عالية، على مسافة ليست بعيدة عن القمة النامية ويظهر أنه يرتبط بتمدد الهيفا والنمو. هذا الجسم يعرف بـ Spitzenkorper، يتركب من معقد من الحويفظات Vesicles (شكل رقم ٢١). وقد ثبت من دراسات عدة أن موقع الـ Spitzenkorper هو الذي يتحكم في كلا من اتجاه النمو ومعدل التمدد. ويتبع Spitzenkorper والذي يبدو أنه

* انظر Garraway and Evans : قائمة المراجع

ينفصل ويهاجر إلى جانب جدار الخلية الفطرية، وهي العملية التي تسبق بداية الفرع الجانبي (انظر شكل رقم ٣٢).

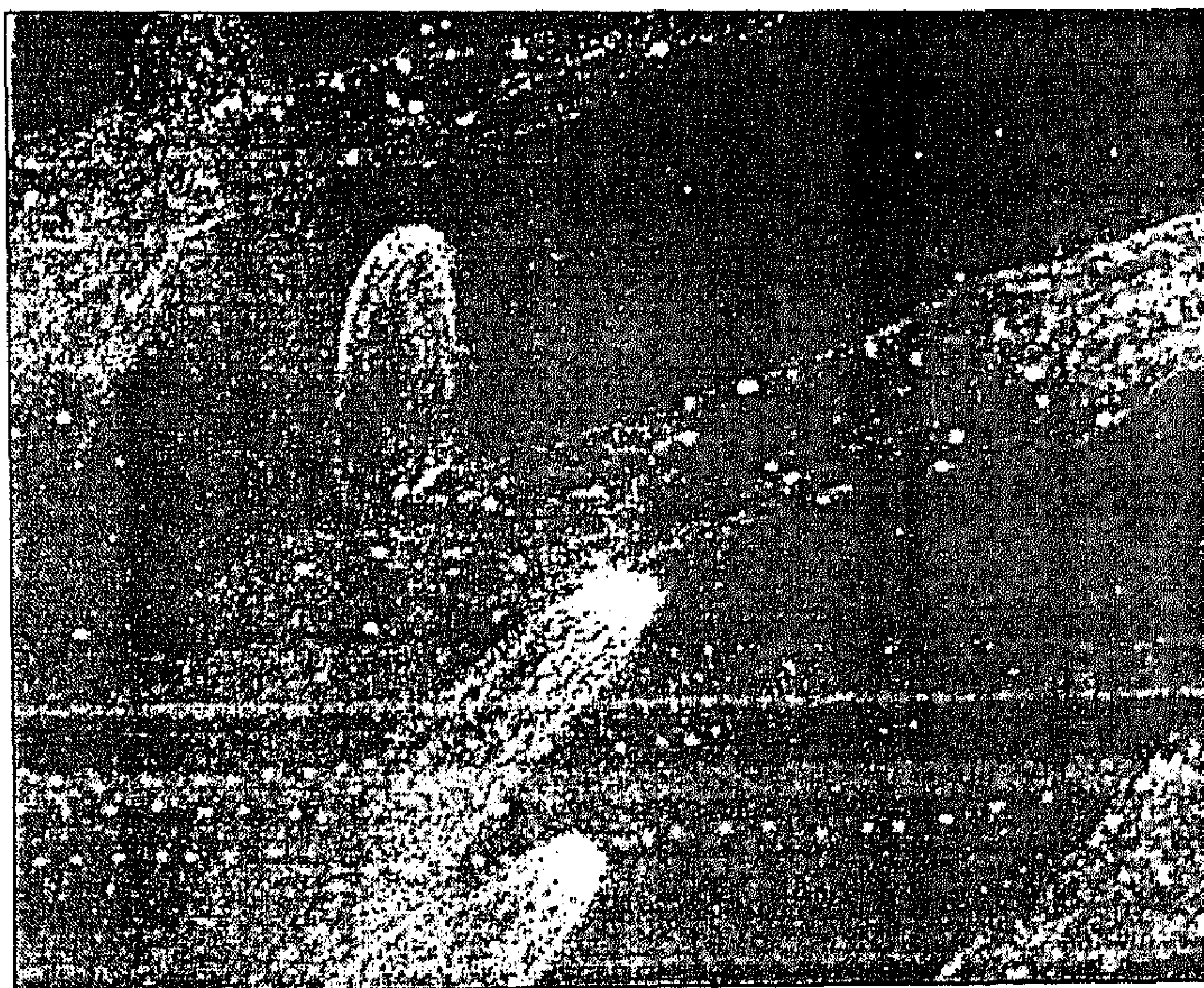



شكل رقم (٢١):

قطاع وسطي خلال القمة النامية للفطر *Fusarium acuminatum*. تظهر منطقة (شبتسبتكوربر) (s) Spitzenkorper ذات العدد الوافر من الحويصلات (v) Vesicles والتي تقع داخل منطقة اللويفات Microfilaments في القمة. أسفلها يلاحظ الترتيب الطولي للميتوكوندريا (mc) والأنيبيات (mt).*

* From Howard & Aist (1980). Journal of Cell Biology

ولكي يحتفظ Spitzenkorper بموقعه خلف القمة النامية مباشرة فإنه يجب أن يثبت موضعه في طرف الهيفا. وتعتبر البروتينات الهيكلية Cytoskeletal proteins وهي الأنيبيات Microtubulins والأكتين Actin هي أكثر المكونات التي يمكن أن تلعب دور المرساة له (شكل رقم ٢٢).



شكل رقم (٢٢):

صورة توضح لويفات الأكتين متمركزة في قمم الهيفات، والكتل الأكتينية في الهيفات الأقدم.*

والأنيبيات هي معقد متباين Heteropolymer لمزدوج التيوبيولين Tubulin dimer الذي يحوي الببتيدات التي تكون الخيوط الأولية للتيوبيولين. يرتبط ثلاث عشرة من هذه الخيوط الأولية مع بعضها البعض في حزم لتعطي ألياف التيوبيولين. وهذه توجد بالهيفا

* عن Heath, J.B.(1987). Eur. J. Cell Biology. 44 : 10 - 16.



كعنصر مفرد أو في حزم. وتلعب الأنيبيبات دوراً هاماً في الانقسام النووي وحركة الأسواط وحركة العضيات بما فيها النواة داخل الهيفا.

يحيط بالسيتوبلازم بما يحتويه من مكونات خلوية الغشاء الخلوي، وهو يعمل في الخلية الفطرية، كما يعمل الغشاء في أي من الخلايا حقيقية النواة.

يتركب الغشاء من طبقتين من الفوسفوليبيدات، ينغمس فيهما بروتينات مختلفة. يعتبر الإستيرول Sterol من المكونات الحيوية الهامة في الغشاء الفطري. وهو يعمل على انسياب المواد المختلفة عبر الغشاء وكذا نشاط الإنزيمات المرتبطة به، ويتحكم في آليات النقل عبر الغشاء.

يعتبر الكوليسترول هو المكون الإستيرويدي الأساسي في الغشاء الخلوي للخلية الحيوانية، أما في غالبية الفطريات فالمكون الإستيرويدي هو الإرجستيرول، ويستثنى من ذلك الفطريات الكيتريدية والبيضية، حيث الإستيرول الغالب هو الكوليسترول. ولهذا السبب نجد الفطريات أكثر حساسية من الحيوان لبعض Polyene antibiotics مثل النستاتين Nystatin وأمفوتيرسين ب Amphotericin B. حيث تتحد هذه المواد بمادة الأرجستيرول، مسببة لتكوين ثقوب بالغشاء مؤدية لفقد العملية التكاملية للغشاء.

تعمل مجموعة المضادات الحيوية المعروفة باسم الأزول Azole antibiotics. الذي تشمل Triazoles و Imidazoles على تثبيط نشاط إنزيم 4-α-Sterol demethylase الوسيط الهام في عملية بناء الأرجستيرول.

تتغطى الخلايا الفطرية من خارج الغشاء بغلاف من جزيئات عملاقة Macromolecular coating والذي يشار إليه أحياناً بالكأس السكري Glycalyx. وفي الهلاميات الرخوة Myxomycetes للنوع *Physarum polycephalum* تحاط الخلايا بغلاف طري يتركب من عديدات تسكر هلامي، وهو معقد الجلكتان Galactan (معقد سكر

الجلكتـون)، وفيـه تحـل مجموعـات الفوسـفات والكبريتـات محـل بعـض المجـاميع الهيدروكسيلية.

والكأس السكـري في غالبيـة الفطريـات هو المكـون لجدار الخليـــة Cell wall.

تفرز بعض الفطريات في المزارع السائلة سكر عديد يعطي للوسط الغـذائي مظهـر لـزج، ومن المحتمل أن هذا المعقد هو طبقة رخوة تغلف الجـدار الفطـري. وبـذلك، يمكـن إعتبـاره جزءاً من الغلاف الخلوي.

## ١ـ٥ـ١ الجــــدار

## Hyphal Wall

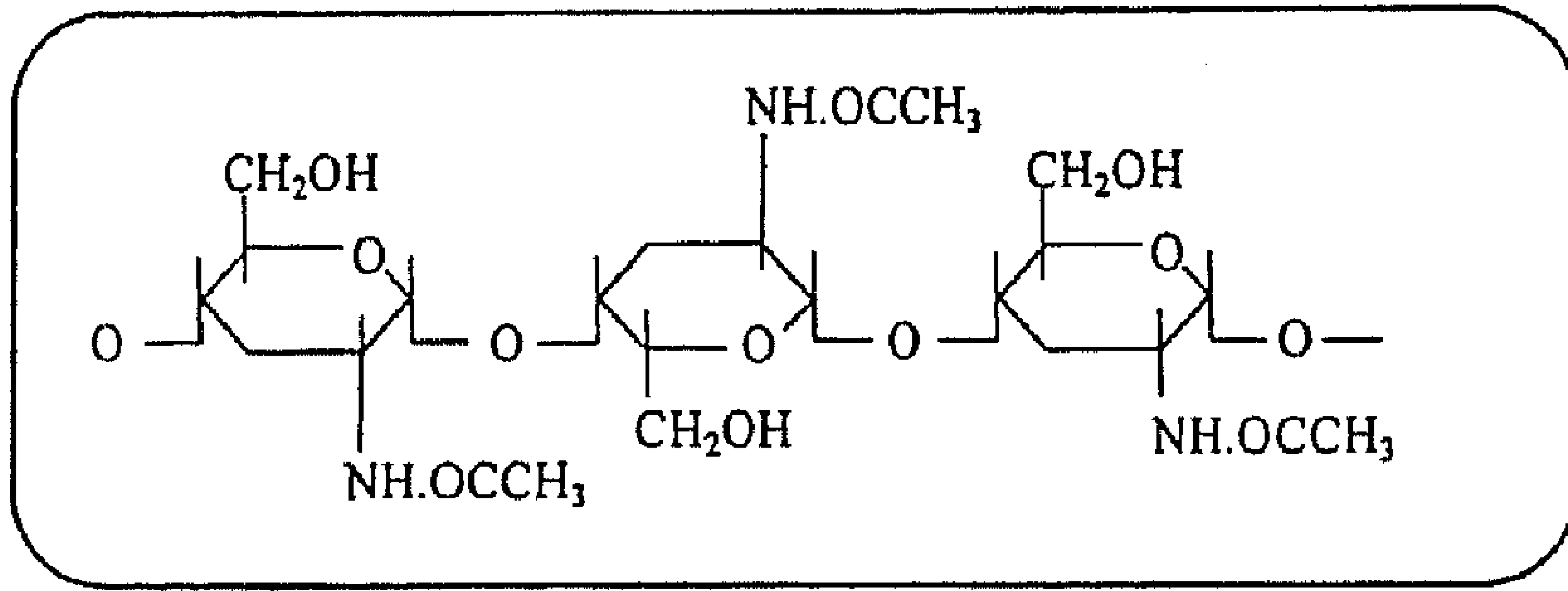
يتطلب الفهم العميق لتركيب ومكونات جدر الخلايا الفطرية – ليس فقط عزل وعريـف مكونات الجدر – إنما التيقن من موقع وترتيب هذه المكونـات في الجـدر. تحتـاج مثـل هـذه الدراسـات لمعاملـة الجـدر المفصـولة بتعاقـب إنزيمـي مـع الفحـص المتتـالي بالميكروسـكوب الإلكتروني لتوضيح التغيرات التي تحدث بفعل المعالجة الإنزيمية.

أُجريـــت مثـــل هـــذه الدراســـات التفصـــيلية علـــى الفطـــر البازيـــدي *Schizophyllum commune* والفطـر الأسـكي *Neurospora crassa* والفطـر البيضـي *Phytophthora parasitica*. كمـــا لقـــي تركيـــب الجـــدار في فطـــر الخمـــيرة *Saccharomyces serevisiae* اهتماماً بالغاً.

بالإضافة إلى ذلك، ظهرت دراسات مختلفة على فطريـات تمثـل المجـاميع التقسـيمية المختلفة. ودلت نتائج الدراسات التي أُجريت على مدى واسع مـن الفطريـات علـى التبـاين الشديد في تركيب الجدار، ولا يمكن إعطاء تعميم في هذه القضـية إلا بالمزيـد مـن الدراسـات المتعمقة.



يعتبر الشيتين Chitin هو المكون الرئيسي لجدر غالبية الفطريات التي أُخضعت للدراسة. وهو بعينة المعقد السكري الذي يُعد المكون الرئيسي لهيكل الحشرات وغيرها من مفصليات الأرجل Arthropods، وهو مبلمر خيطي لمركب الجلوكوز أمين المؤستل N-acetyl-glucosamine وترتبط تحت وحداته معاً بالرابطة الجليكوزيدية بيتا (١←٤) (شكل رقم ٢٣). وتحوي جدر الفطريات الزيجية Zygomycetes مادة الشيتوزان بالإضافة للشيتين، والشيتوزان يشبه الشيتين فيما عدا أنه ضعيف أو عديم الأستلة، وغالبية تحت وحداته مادة جلوكوز أمين.

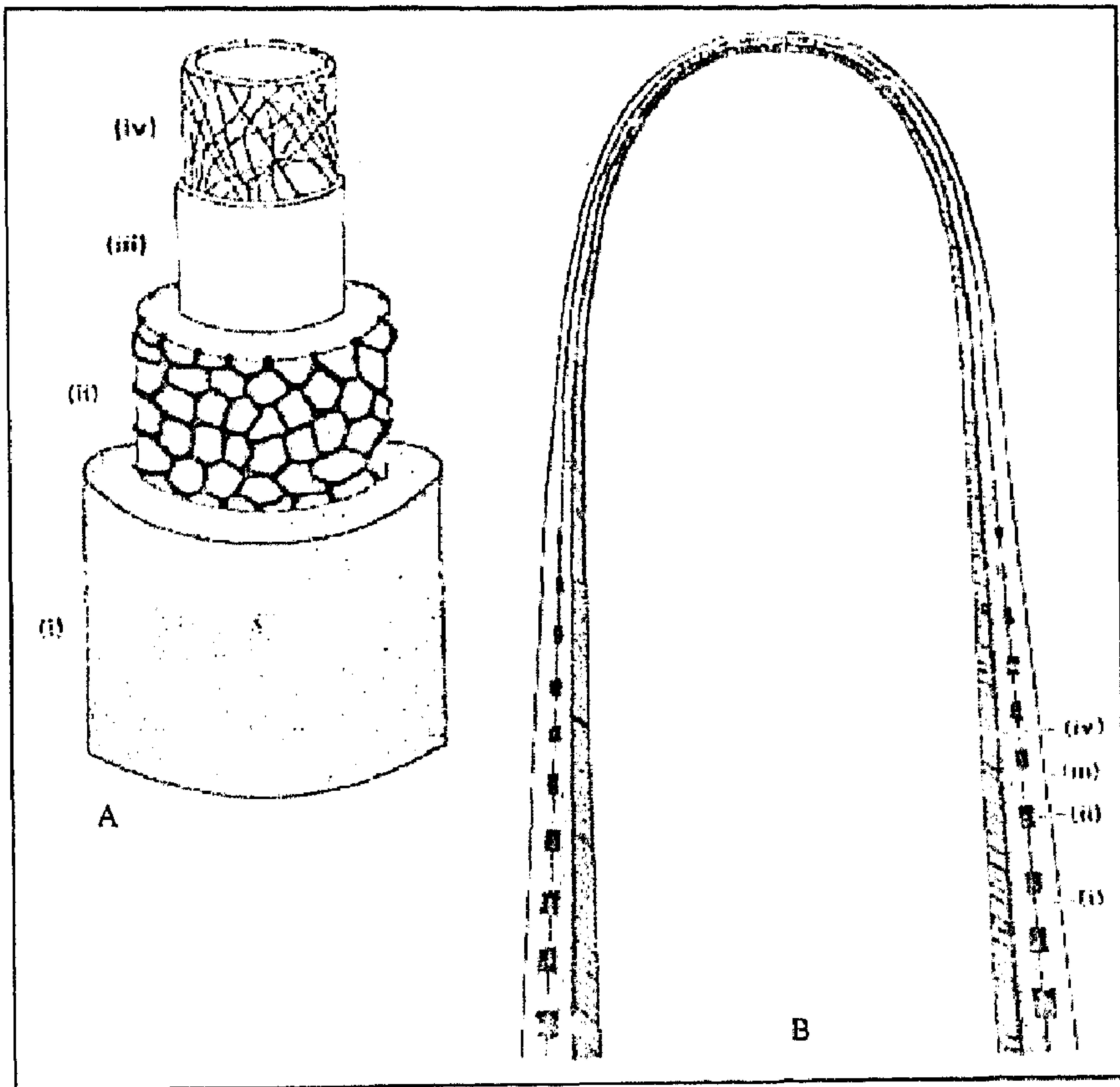



شكل رقم (٢٣): تركيب الشيتين

تحوى جدر هيفات الفطريات البيضية السليولوز، وهو المبلمر الجلوكوزي الخيطي، والذي يعد المكون الرئيسي لجدر الخلايا النباتية. بالرغم من أن بعض البيضيات (وليس *Phytophthora*) تحتوي الشيتين.

والرابطة الجليكوزيدية بيتا (١←٤) في عديدات التسكر هذه تعطي مبلمر، هو شريط ممتد، ويسمح التركيب الفراغي له بتكوين نظام لويفي Microfibrils يتركب من كثير من المبلمرات المتوازية، ويتراوح قطر هذه اللويفات من ١٠ إلى ٢٥ نانوميتر، وقد يصل طولها لعدة ميكروميترات. توجد هذه المعقدات في الطبقة الداخلية وتتشابك معاً لتعطي شبكة مطمورة في مادة أمورفية Amorphous matrix ولكل من هذين الطورين (اللويفي والأمورفي) قوى هائلة، كما تشاهد في حالة الليف الزجاجي مطموراً في مادة راتنجية.

ويعتقد أن المادة الأمورفية في فطر *Neurospora crassa* هي بـروتين. وتغطـي المنطقـة شيتين - بروتين طبقة سمكها ٢٠ نانوميتر تلاصق الغشاء البلازمي مباشرة وذلك في كـل مـن طرف الهيفا والهيفا البالغة. بعد هذه الطبقة توجد طبقـة بروتينيـة يصـل سمكهـا في طـرف الهيفا إلى ٣٠ نانوميتر، كما أنها تحوي آثاراً من الجلوكان والجليكوبروتين (شكل رقم٢٤).




شكل رقم (٢٤):

(A) مخطط يوضح المناطق الأساسية لطبقات جدار الفطر *Neurospora*. من القاعدة للقمة (i): الطبقـة الخارجيـة للجلوكـان المخـتلط، (ii): جلوكـان مطمـور في بـروتين (الشـبكة)، (iii): طبقـة بروتيديـة ، (iv): منطقـة بروتيدية داخلية مطمورة في لويفات الكيتين.

(B) مخطط لتركيب الجدار من قمـة هيفـا الفطـر *Neurospora* والطبقـات (i),(ii),(iii),(iv) بـنفس الترتيـب في المخطط (A).

الطبقة الداخلية في الفطر *Schyzophyllum commune* تحوي الشيتين وجلوكان غير ذائب في القلويات alkali-insoluble glucan (R-glucan)، وهو معقد جلوكوزي ذو روابط بيتا (١←٣) مع تفرعات ذات روابط بيتا (١←٦).

كما يُعتقد بوجود روابط هيدروجينية تصل الشيتين مع ر- جلوكان. والمادة الأمورفية في الطبقة الداخلية لهيفا الفطر *Phtophthora* هو ر- جلوكان أيضاً. وفي هذه الحالة يتزايد سمك طبقة سليولوز – ر – جلوكان كلما ابتعدنا عن طرف الهيفا. والمركب ر- جلوكان واسع الانتشار في جدر الفطريات ما عدا في الفطريات الزيجية Zygomycetes، حيث لم يثبت بعد وجوده.

التركيب السابق وصفه هو ما يطلق عليه الجدار الابتدائي Primary wall، ويعطي مع البلازموليما غلاف قمة الهيفا، يتزايد سُمك الغلاف كلما ابتعدنا عن طرف الهيفا، وترجع الزيادة في السمك لوجود الجدار الثانوي Secondary wall. ويصل سُمك هذا الجدار إلى ١٢٥ نانوميتر في الفطر *Neurospora*. وللخارج توجد الشبكة الجليكوبروتينية Glycoprotein reticulum وخارجها طبقة جلوكان، وهذه الطبقة غالباً ر- جلوكان. ويختلف في هذا الفطر *Schizophyllum*، حيث أن طبقة الجلوكان قابلة للذوبان في القلويات (S-glucan) alkali - soluble glucan، وهو اتحاد ألفا (١←٣). وإلى الخارج من طبقة س- جلوكان توجد مادة مخاطية قابلة للذوبان في الماء تسمى أحياناً Schizophyllan وتركيبه بيتا (١←٣) جلوكان، ذات وحدات جلوكوز مفردة متصلة بكل وحدة ثالثة في العمود الفقري الرئيسي وذلك بروابط بيتا (١←٦). ومن أكثر المركبات الهلامية دراسة هو مادة Pullulan، وهو مبلمر روابط جلوكوزيديه ألفا (١←٤) وكل ثلاث وحدات جلوكوز Maltotriose توجد وحدة جلوكوز ألفا (١←٦)، وينتج هذا المعقد من

الفطر *Aurobasidium pullulans*. ويعتقد أن لهذه المعقدات دوراً مزدوجاً: إما كمعقد تركيبي للجدار، أو مصدر غذائي يعمد الفطر لاستغلاله متأخراً.

وبالرغم من وجود معقدات أخرى، إلا أنها لم تلق الاهتمام الكافي مثل سابقاتها. فمعقدات الجلكتوز أمين وحمض الجلوكورونيك وكذلك المعقدات المختلطة التي تحوى أكثر من نوع سكر قد ثبت وجودها.

بالإضافة للمبلمرات السكرية، تحوي الجدر الدهون، وبعضها يحوي الميلانين وهو المعقد المتفرع المشتق من الأحماض الأمينية العطرية، ويعطي المعقد قدرة عالية من الثبات ضد تحلل الجدار بواسطة الإنزيمات الميكروبية، حيث لم يعثر بعد على إنزيمات تحلل الميلانين.

وفيما يلي أهم أنواع المعقدات الداخلة في تركيب جدر الفطريات وعلاقته بالوضع التقسيمي لها:

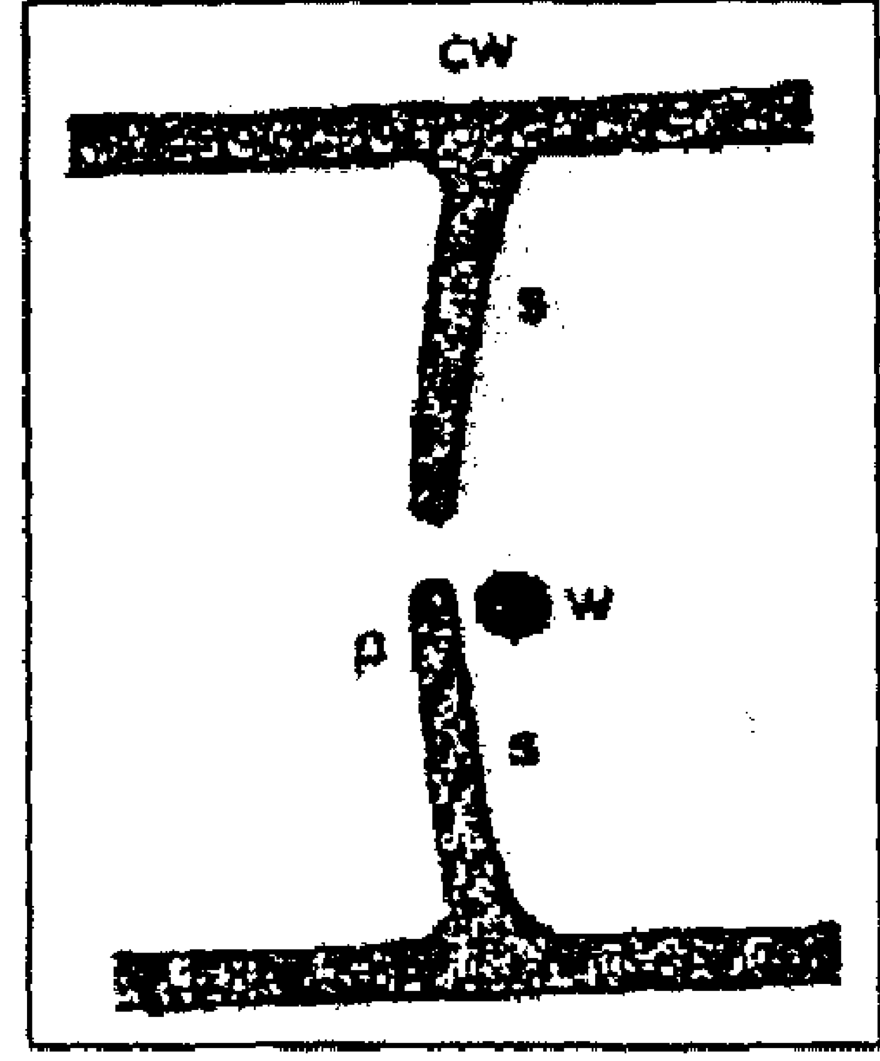
| | |
|---|---|
| ١. سليولوز – جليكوجين | الاكرازيوميسيتات |
| ٢. سليولوز – بيتا – جلوكان | البيضيات |
| ٣. سليولوز – شيتين | الهيفوكيتريوميسيتات |
| ٤. شيتين – شيتوزان | الزيجوميسيتات |
| ٥. شيتين – بيتا – جلوكان | الكيتريديات – الأسكوميسيتات –البازيديوميسيتات |
| ٦.ماننان – بيتا – جلوكان | الخمائر الأسكية |
| ٧. شيتين – ماننان | الخمائر البازيديوميسيتية |

## ١-٥-٢ الجـــدر العرضيـــة

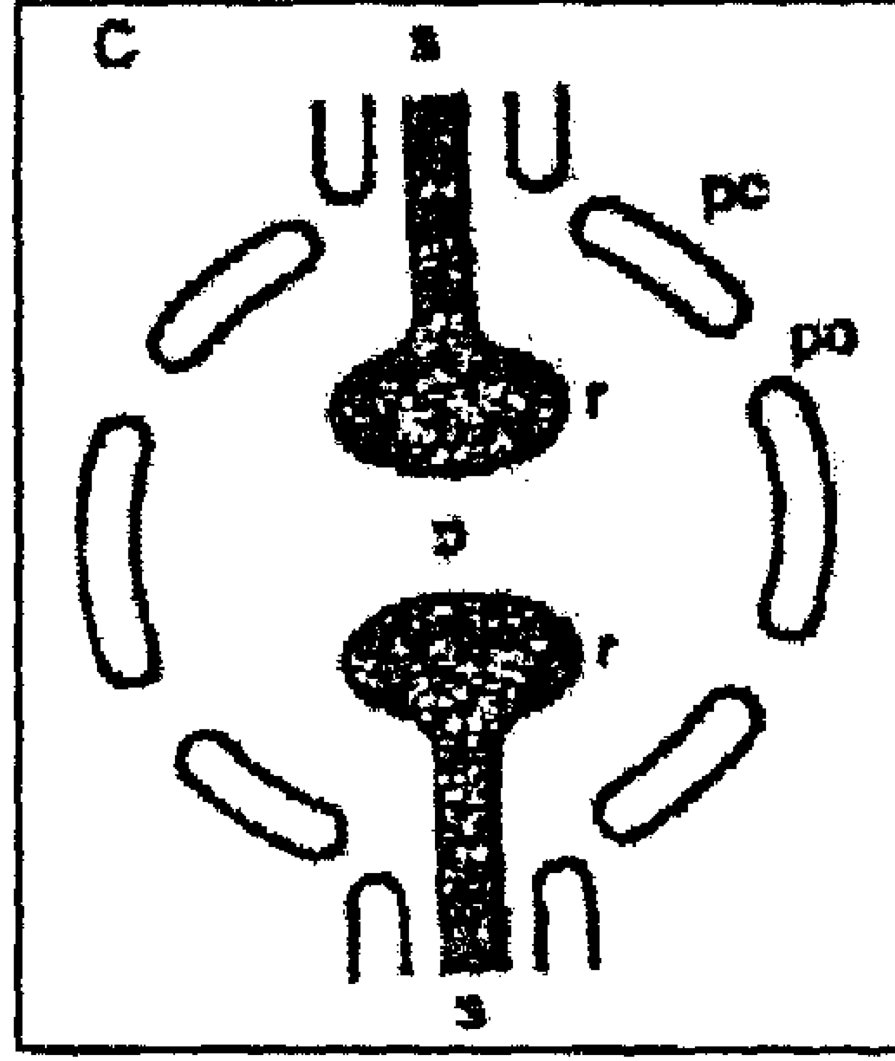
## Hyphal septa

تحوي هيفات الفطريات الأسكية والبازيدية جدر عرضية Cross walls (Septa) تقسم الهيفا إلى أجزاء متصلة. الجدار العرضي عادة يكون مثقباً Perforated. الجدار العرضي في الأسكيات عادة ذات ثقب مركزي واحد Single central pore (شكل رقم ٢٥)، وقد يكون هذا الثقب كافياً بصورة تسمح بمرور الأنوية والعضيات والسيال السيتوبلازمي ما بين الخلايا. كما يوجد في السيتوبلازم واحد أو أكثر من التراكيب الكرية الشكل بالقرب من الثقب تُعرف بأجسام ورنين Woronin bodies. هذه الأجسام قد تتحرك لتعمل على سد الثقب إذا أُضيرت الخلية المجاورة (شكل رقم ٢٦).

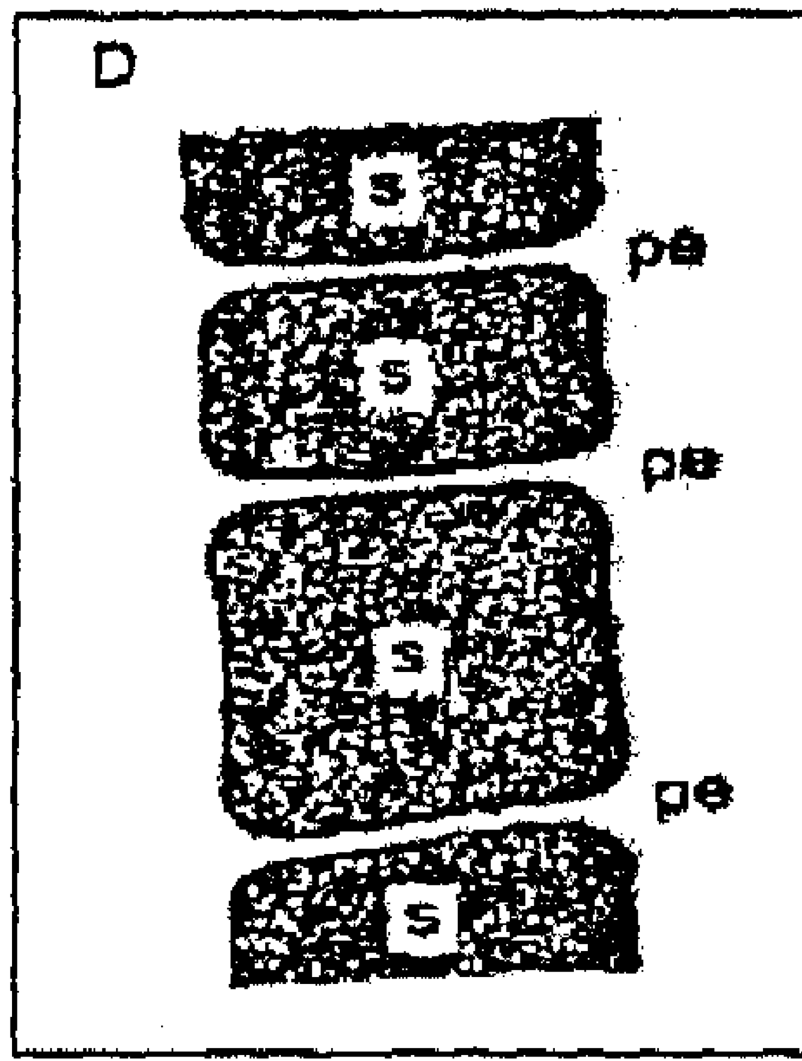
شكل رقم (٢٥): أنواع مختلفة من الحواجز العرضية في الفطريات.




حاجز بسيط ذو ثقب مركزي (s) حاجز، (p) ثقب، (w) جسم ورنين. في الفطريات الأسكية.




الحاجز الكعبري الشائع Dolipore septa في الفطريات البازيدية (r) المنطقة حول الثقب، (s) الحاجز العرضي، (pc) قبة الثقب، (po) ثقوب في قمة الثقب.




حاجز متعدد الثقوب، في بعض الأسكيات. (s) الحاجز العرضي، (pe) ثقوب الحاجز العرضي.




شكل رقم (٢٦):

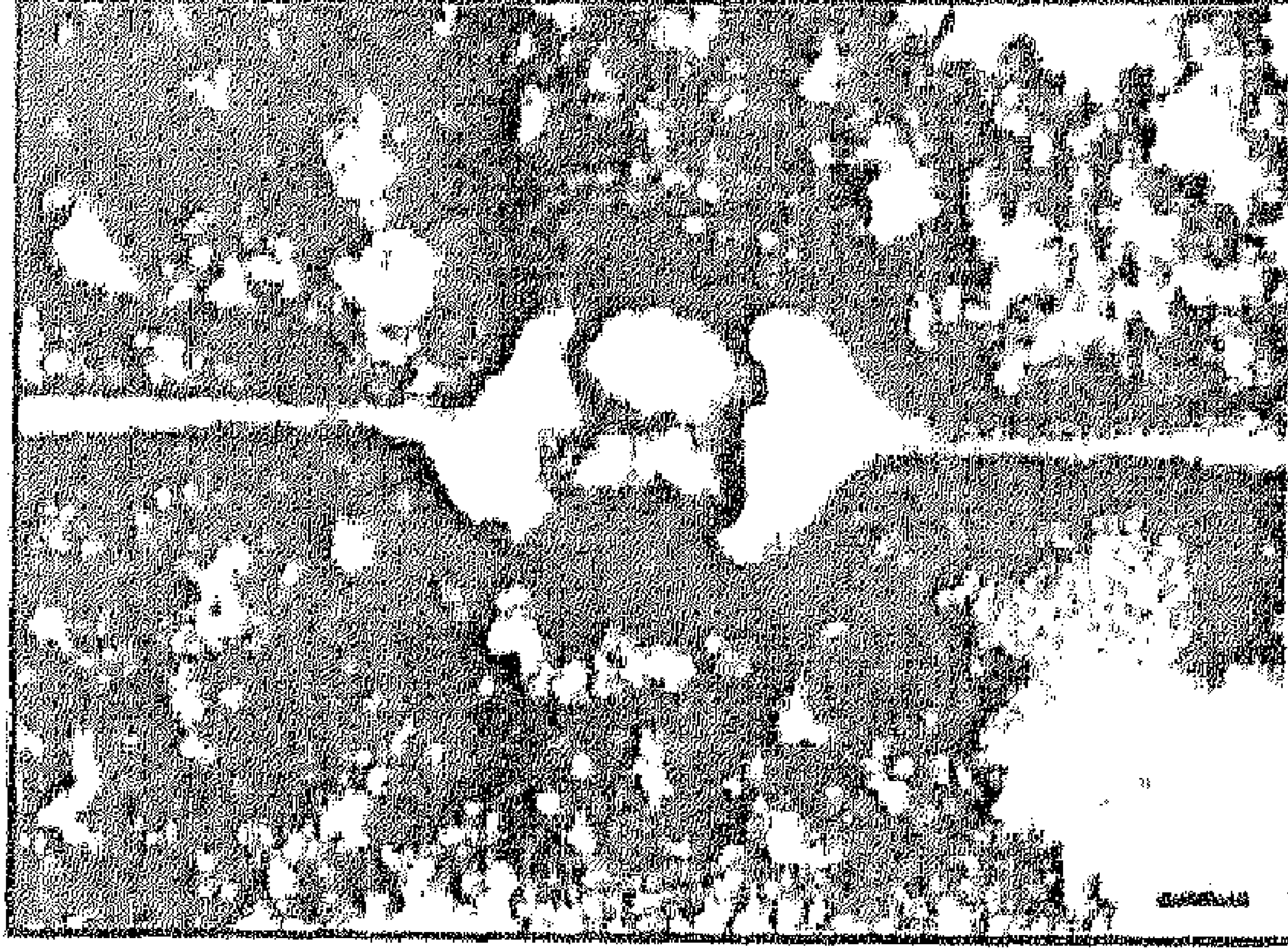
(A) قطاع عرضي في المنطقة الحاجزية للفطر *Aspergillus giganteus* حيث يظهر بوضوح الحاجز العرضي ذو الثقب، كما يظهر جسم ورنين wb.

(B) قطاع من الفطر *Penicillium chrysogenum* تظهر ثقب الحاجز مسدود بسداده ذات كثافة إلكترونية عالية.*

الجدار العرضي الأكثر تعقيداً والمسمى Dolipore septa يوجد في الفطريات البازيدية. يتميز مثل هذا النوع بوجود ثقب في مركز الحاجز، إلا أن الحاجز يزداد تغليظاً بالقرب من الثقب، وهكذا يبدو الثقب كأنبوبة أكثر من كونه فتحة بسيطة، وعلى كلا جانبي الثقب

* انظر The Growing Fungus : قائمة المراجع

تتحور الشبكة البلازمية الداخلية لتعطي ما يسمى بقبعة ثقب الحاجز Septal pore cap (والذي يطلق عليه أحياناً Parenthosome) وتحوي عدداً من الثقوب. ويسمح مثل هذا التركيب بانتقال السيال السيتوبلازمي ما بين الخلايا دون أن يسمح بمرور الأنوية (شكل رقم ٢٧).



شكل رقم (٢٧):

قطاع طولي في هيفا الفطر *Marchandiomyces corallinus*. يلاحظ الحاجز الكمبري Delipore septum.

لاحظ الانتفاخ في نهاية ثقب الحاجز.

يتركب الحاجز العرضي في فطر *Neurospora crassa* من الشيتين المحاط بالجلوكانات والبروتين. وفي الفطر البازيدي *Schizophyllum commune* تتغلف الطبقة الشيتينية الوسطى بطبقة من ر- جلوكان، والانتفاخ الذي يغطي حافة الحاجز يتركب من ر- جلوكان.

وتتضمن عملية الازدواج النووي Dikaryotization إذابة إنزيمية لمكونات الحاجز. وفي الفطر *Coprinus* يتحول الثقب من النمط Dolipora (الأنبوبي) إلى ثقب بسيط بصورة تسمح بهجرة الأنوية.

## ٣-٥-١ عزل البروتوبلاست الفطري

## Isolation of fungal protoplast

عُزل البروتوبلاست من عدد كبير من الخمائر والفطريات الخيطية. وقد أمكن الحصول على البروتوبلاست بمعاملة خلايا الخميرة أو ميسليوم الفطر بالإنزيمات المحللة للجدار في وسط يتساوى ضغطه الأسموزي مع الضغط الأسموزي للبروتوبلاست المفصول. وتستخدم الأملاح غير العضوية والسكريات والسكريات الكحولية لإعطاء الضغط الأسموزي المطلوب.

لإنتاج البروتوبلاست منَ الخمائر يستخذم العصير الهاضم للقوقع *Helix pomatia*. وتستخدم الإنزيمات المستخلصة من بكتريا التربة (مثل *Streptomyces, Arthobacter*) ومن فطريات التربة (مثل *Trichoderma, Penicillium*) من أجل الحصول على بروتوبلاست الفطريات الخيطية. ويحتوي المستحضر الإنزيمي من فطر *Trichoderma* على س- جلوكاناز و ر- جلوكاناز وشيتيناز.

يبدى البروتوبلاست المفصول نشاطاً حيوياً ملموساً، حيث أمكن تتبع الكثير من العمليات الحيوية مثل بناء الأحماض النووية DNA وRNA والبروتين وآليات التنفس، إلا أن معدلاتها تقل عنه في حالة الهيفا الفطرية. ويؤدي نقل البروتوبلاست إلى وسط غذائي خالي من الإنزيمات المحللة للجدار إلى عودة بناء الجدار ويعيد الخلية إلى شكلها الهيفي أو الخمائري.

للبروتوبلاست الفطري قيمة بحثية عالية. فنظراً لسهولة تحطيمه، فهو يستخدم لفصل عضيات الخلية، كما يمكن للبروتوبلاست أن يندمج معاً وذلك في وجود مادة Polyethylene glycol وأيونات الكالسيوم. وبهذا يمكن إدماج خلايا الخميرة المتوالفة. كما يمكن إدماج بروتوبلاست سلالات فطر *Aspergillus nidulans* الغير متوافقة. أو بين أنواع مختلفة من الفطريات.

للبروتوبلاست المقدرة على أخذ DNA من الوسط الخارجي. وقد أمكن تهجين بلازميد يحمل جينات لبكتريا *Escherichia coli* داخل فطر الخميرة

*Saccharomyces cerevisiae*، وقد ثبت حدوث الإدماج الوراثي في الكروموسومات.

## ١-٥-٤ البنـاء الحيوي وتمدد الجدار

## Chitin biosynthesis and wall extension

يتطلب النمو القطبي للهيفا أن يكون النمو محدداً بطرف الهيفا. يعد الجدار في طرف الهيفا ذو خواص Visco elastic، مسبباً لإحداث ضغط توتري عالي داخل الهيفا. ونظراً لصلابة الجدار خلف القمة، بالإضافة لمقاومته لقوى التوتر، فإن هذا الضغط يولد قوى محركة لتمدد الهيفا. ويحدث النمو عن طريق الإمداد المستمر بالحويصلات التي تتولد داخل السيتوبلازم خلف القمة النامية. تنشأ الحويصلات من الشبكة البلازمية الداخلية عبر جهاز جولجي ثم تهاجر لمنطقة القمة النامية، حيث تشاهد بوضوح فيها (انظر شكل رقم ٢١).

يوجد نوعان من الحويصلات، صغيرة الحجم، يتراوح قطرها من ٥٠–٨٠ نانوميتر، والأكبر من ٩٠–٢٠٠ نانوميتر. وقد أمكن فصل النوع الأول من هيفات الفطر وأتضح أنها تحوى الصورة الخاملة لإنزيم Chitin synthase ويطلق عليها الأجسام الشيتينية Chitosmes (شكل رقم ٢٨). وعندما تندمج هذه الحويصلات في الغشاء في طرف الهيفا، فتولد آلية بنائية للجدار، كما يتم إضافة وحدات جديدة لتمدد الغشاء البلازمي (أشكال ٢٩، ٣٠، ٣١).

تعد مادة جلوكوز -٦- فوسفات المصدر الأولى لبناء معقد الشيتين وذلك عن طريق المركب الوسطي يوريدين ثنائي الفوسفات -N- أستيل جلوكوز أمين. ويعمل إنزيم بناء الشيتين Chitin synthase على إضافة ن - أستيل جلوكوز أمين لمعقد الشيتين في جدار الخلية. وقد ثبت أن الإنزيم النقي يستطيع بناء الشيتين في غياب البادىء (الشيتين)، وكذلك، يمكن للبروتوبلاست المفصولة إعادة بناء الجدار.

يوجد هذا الإنزيم في الجسيمات الشيتينية Chitosomes وكذا الحويصلات الدقيقة Microvesicles في صورة أولية Zymogen.

ولبناء الشيتين، تندمج الجسيمات الشيتينية مع الغشاء البلازمي، حيث تعمل الإنزيمات المحورة للبروتين فتعطي الإنزيم النشط حيوياً. وتنتج الهيفا أثناء نموها الإنزيم المحلل للشيتين Chitinase، ويبدو أن هذا الإنزيم يتحكم في عملية كسر اللويفات الشبكية للشيتين عند إضافة أفرع جانبية. وقد ثبت بالدراسات الإشعاعية Autoradiography على أن اندماج مواد بناء الجدار المُعلمة يحدث بكثافة في طرف الهيفا، وبدرجة أقل في منطقة الإستطالة.

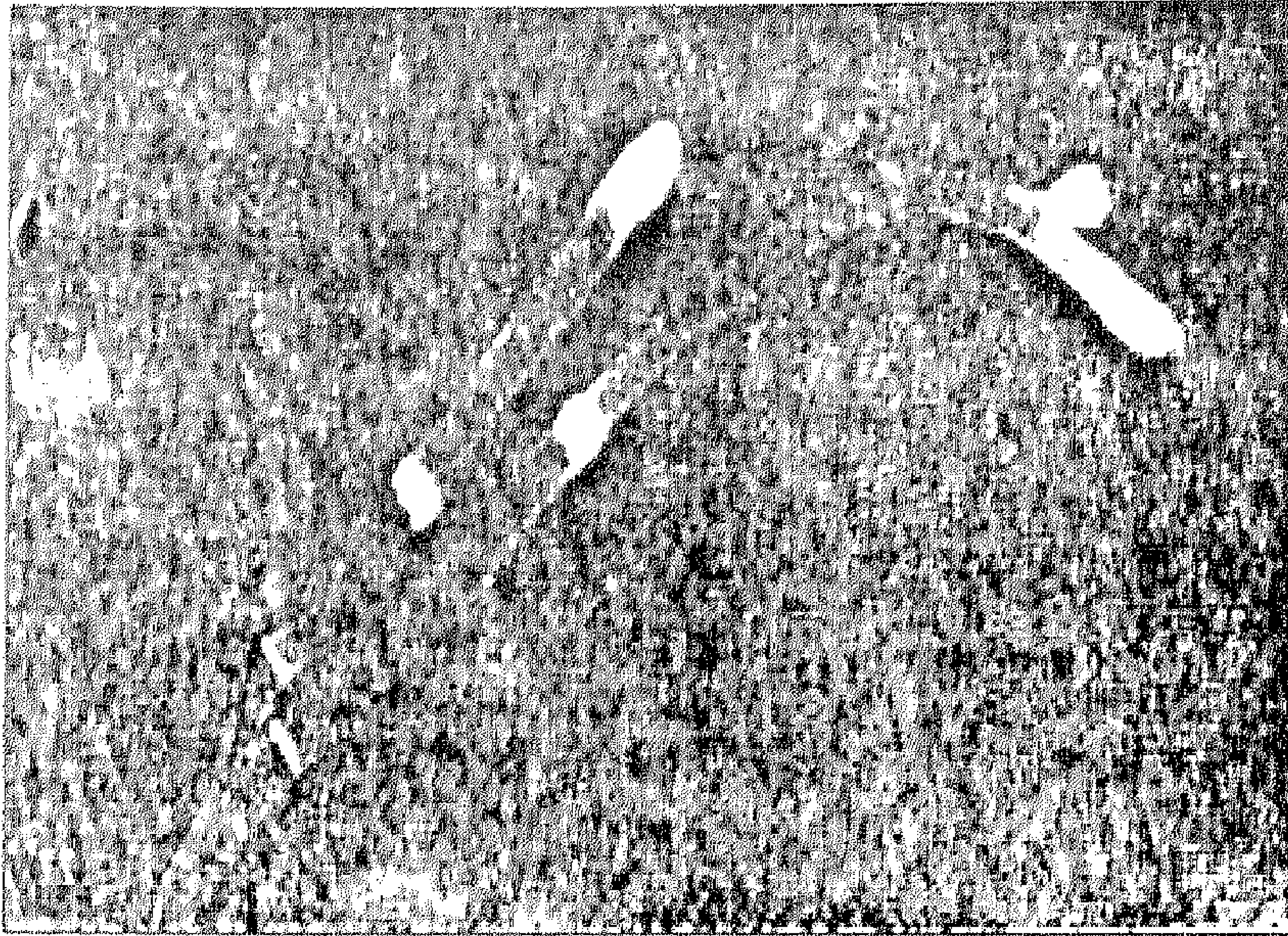
وتدل الدراسات التي أُجريت على الفطر *Neurospora crassa* أن متوسط معدل نمو الهيفا ١٨,٥ ميكرومتر/دقيقة، ويتطلب ذلك إدماج قرابة ٤٠,٠٠٠ حويصلة سيتوبلازمية/دقيقة في الغشاء البلازمي.



شكل رقم (٢٨):

الأجسام الشيتينية Chitosomes من هيفا الفطر *Mucor rouxii*. هي أجسام صغيرة يتراوح قطرها ما بين ٤٠ إلى ٨٠ نانوميتر. تحوي هذه التراكيب إنزيم شيتين سيتناز Chitin synthetase القادر على بناء لويفات الشيتين معملياً وهي تعمل على نقل هذا الإنزيم إلى مواقع بناء الشيتين في جدار الخلية الفطرية.*

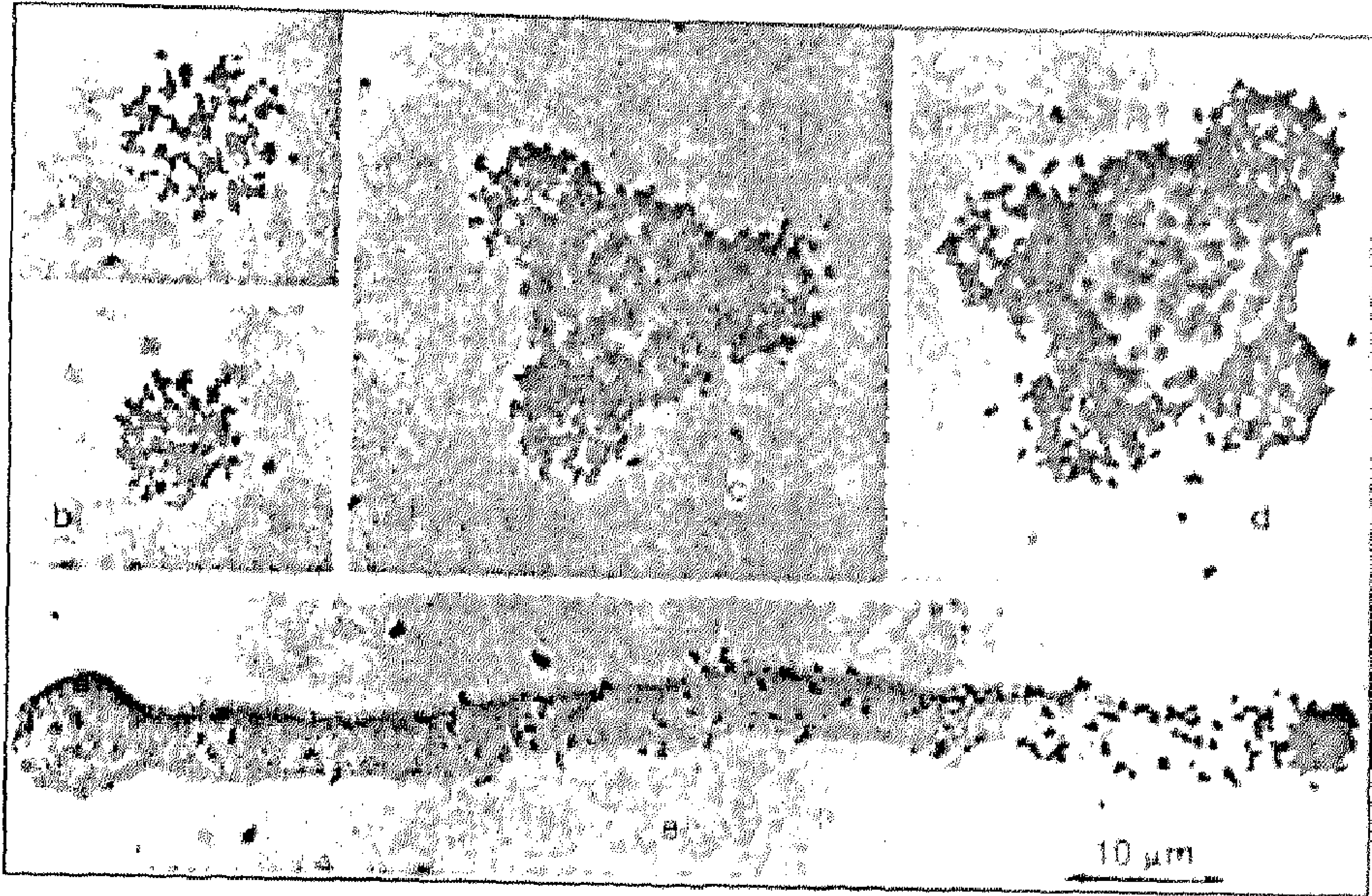
* انظر Bartnicki - Garcia, S., C. E. Bracker, E. Reyes and Ruiz - Herrera. 1978. Isolation of chitosomes from taxonomically diverse fungi and synthesis of chitin microfibrils in vitro. Exp. Mycol. 2:173 - 192.



شكل رقم (٢٩):

هيفا مصبوغة بالصبغة الفلورسنتية (أبيض الكالكوفلون Calcofluor white) ومصوره باستخدام الميكروسكوب ذو الوميض الفلوريسنتي. يلاحظ أن الصبغة تركزت في أطراف الهيفا وفي منطقة الجدر العرضية، حيث النشاط العالي لبناء الجدار.*

* انظر Archives of Microbiology 96,53-57




شكل رقم (٣٠):

مواضع بناء الجدار في الأنماط الخمائرية والهيفية في الفطر *Mucor rouxii*. عرضت الخلايا إلى مادة N-acetyi-D-glucosamine المعلمة ثم صورت ذاتياً. وتوضح النقط السوداء (حبات النقط السوداء) مواقع بناء الشيتين.

a- جرثومة اسبورنجية قبيل التبرعم

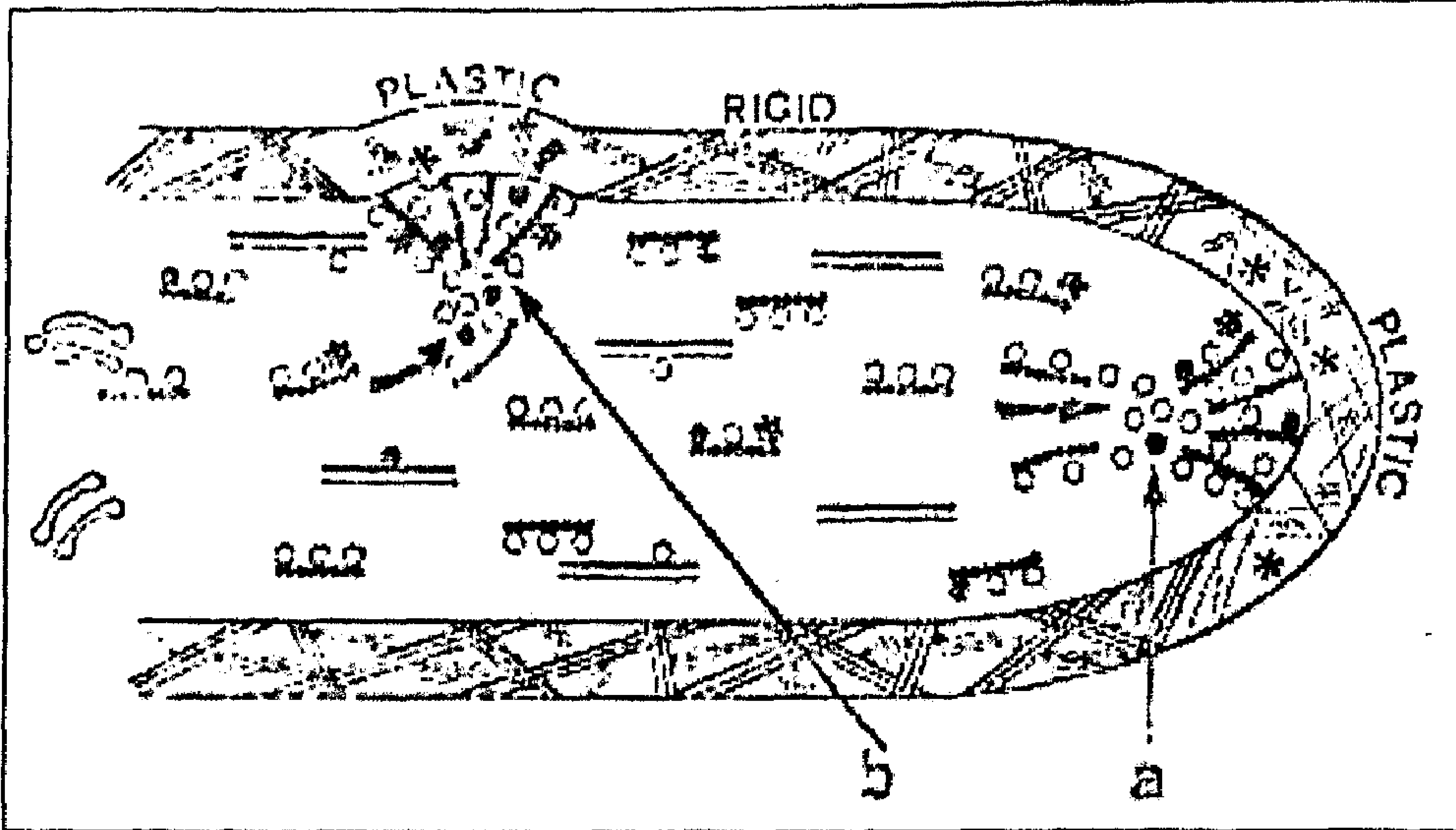
b - جرثومة اسبورنجية قبيل ظهور أنبوبة الإنبات.

c,d – خلايا خمائرية متبرعمة.

e – هيفا فتية نامية من جرثومة اسبورنجية.*

* عن: Bartnicla - Garcia & Lippman. 1969.©AAAS.






شكل رقم (٣١):

نموذج يوضح عملية بناء الجدار أثناء النمو الطرفي للفطر. يعمل جهاز جولجي على إنتاج أعداد هائلة من الحويصلات الدقيقة والتي تنتقل إلى القمة (a) وكذلك الفرع الجانبي الجديد (b) عبر عناصر الهيكل وهي الخيوط الدقيقة (الخطوط المحببة) والأنيبيات (الخطوط المتوازية). الإنزيمات المتصلة بالغشاء والتي تشمل إنزيمات بناء الشيتين والبيتا ١←٣ جلوكان تندمج في البلازما الطرفية عن طريق إتحاد الحويصلات الدقيقة (الدوائر المصمتة). تعمل هذه الإنزيمات على إنتاج مكونات لويفات الجدار الوليدة (الشيتين: الخطوط المستقيمة، والجلوكان: الخيوط المتموجة). المركبات الشبه جيلاتينية مثل ألفا – جلوكانات والمانوبروتين تتشابك إلى الجدار عن طريق الالتهام الخارجي للحويصلات الدقيقة (الدوائر المفرغة). في طرف الهيفا يصبح الشيتين والجلوكان أكثر بلورية عن طريق الروابط الهيدروجينية والتي تتقاطع عن طريق تكوين الروابط التساهمية (النقط السوداء). تنشأ التفرعات عن طريق تطرية الجدار بواسطة الإنزيمات المحللة (النجوم)، ويؤدي تواتر الضغط لدفع الجدار للخارج، وبذلك يظهر الفرع الجديد.*

* انظر The Growing Fungus : قائمة المراجع

## ١-٦ النـــــواة

## The nucleus

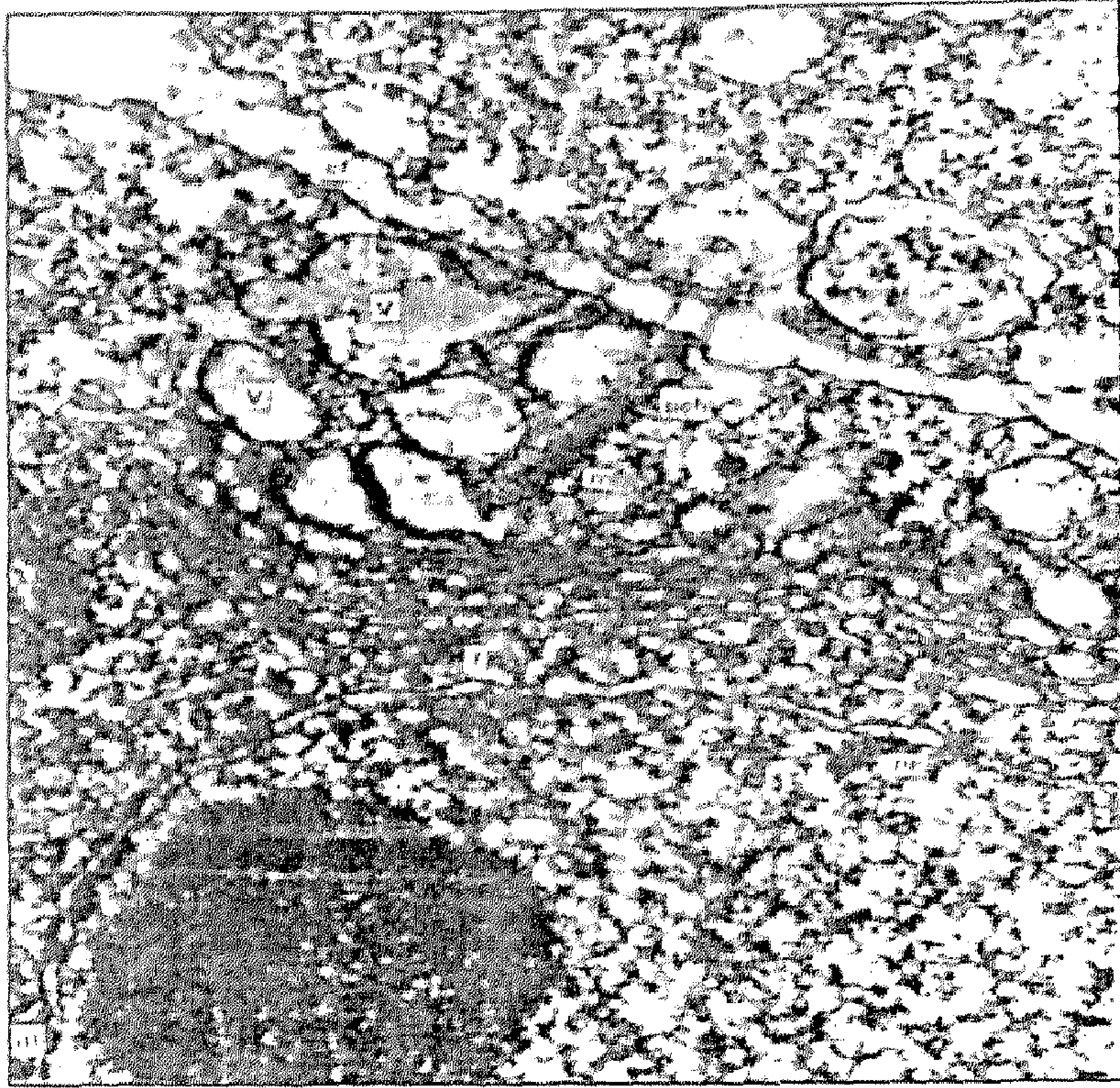
للخليـة الفطريـة نـواة واحـدة أو عـدة أنويـه، والخليـة الطرفيـة في الفطـر *Aspergillus nidulans* تحوي قرابة ٥٠ نواة، والخلايـا التاليـة تحـوي كـل منهـا أربعـة أنويه.

وبعض البازيديوميسيتات قد توجد في طورين نـوويين (أحـادي وثنـائي الأنويـة) إلا أن بعض الفطريات البازيدية قد تحوي خلاياها عـدة أنويـة. أمـا فطريـات الخمـيرة فخلاياهـا وحيدة النواة.

في الهيفـا الجسـدية، الأنويـة أحاديـة المجموعـة الكروموسـومية، باسـتثناء الفطريـات البيضـية فأنويتهـا ثنائيـة المجموعـة الصـبغية (2N). وبعـض الخمـائر مثـل *Saccharomyces cerevisae* تسـتطيع التـبرعم في كـلا مـرحلتي النـواة (الأحادية والثنائية الصبغيات).

وكما هو الشأن في الكائنات حقيقية النوى، تحـاط النـواة بغشـاء نـووي هـو في حقيقتـه غشائين، ذواتا ثقوب، كما توجد بالنواة نوية واحدة تتركب من RNA، وعـادة مـا تختفـي أثناء الانقسام النووي (شكل رقم ٣٢).

النواة غالباً صغيرة الحجم (١-٢ ميكروميتر)، مما يجعل الدراسات السيتولوجية بالغـة الصعوبة، ومع ذلك أمكن وضع خرائط كروموسومية دقيقة، أكدتها الدراسات الكيموحيويـة. وقد إتضح أن كمية DNA في الكروموسوم الفطري تماثـل كميتـه في الكروموسـوم البكـتيري، وقد تزيد عنه زيادة طفيفة.



شكل رقم (٣٢):

جهاز جولجي النواة في الجراثيم السابحة للفطر *Chytridium confervae* وبعد استكمال نضجها يلاحظ غلاف النواة والثقوب التي تعمل على اتصاله بالسيتوبلازم. ووجود النوية "الجسم المستدير أسفل الصورة".*

ويشابه تركيب الكروماتين في نواة الفطر مثيله بالكائنات الراقية حقيقة النوى. والجسيمات النووية Nucleosomes تحوي قرابة ٤٠ زوج من قواعد DNA تحيط بقرص يتركب من أربعة وحدات مختلفة من الهستونات (البروتين القاعدي)، ويختلف البروتين الهستوني في الفطر بالمقارنة بالكائنات الأرقى تبعاً للأحماض الأمينية الداخلة في تركيبة. ويكمن الاختلاف الأساسي بين الفطر والكائنات الأكثر رقياً في نوعية الهستون المصاحب للحمض DNA وفي عدد أزواج القواعد بين وحدات الجسيمات النووية.

* انظر The Growing Fungus : قائمة المراجع

ثبـــت أن كروموســـومات الفطـــر *Aspergillus nidulans* والفطـــر *Saccharomyces cerevisiae* تحـوي حلـزون خيطـي مـزدوج واحـد مـن DNA. إن جـزء مـن هـذا DNA (عـادة أقـل مـن ١٠٪) يتركـب مـن تعاقبـات مكـررة Repeated sequences ويعتقد أنها تتابعات الجينات المرمزة لحمض RNA الريبوسـومي، ويتنـاقض هـذا الوضـع في الحيـوان وفي الهـلام *Physarum polycephalum* حيـث أن هـذه التتابعات تمثل ثلث DNA. كما ثبت أن ٦٠٪ من جينات الفطريات الهيفية تحوي أجـزاء بينية Introns (أي تعاقب DNA ينسخ ولا يُترجم) لا تزيـد عـن ١٠٠ زوج مـن القواعـد بالمقارنة بالثدييات.

والجدول التالي يوضح عدد الكروموسومات في أنوية بعض الفطريات:

| الفطـــــر | الطور أحادي الكروموسومات |
|---|---|
| أ. الفطريات الكتيديدية | |
| (1) *Allomyces* spp. | 14 |
| (2) *Allomyces* spp. | 16 |
| (3) *Allomyces* spp. | 28 |
| ب. الزيجوميسيتات | |
| *Phycomyces blackesleanus* | 14 |
| *Rhizopus nigricans* | 16 |
| جـ. الأسكوميسيتات | |
| *Arthroderma flavescens* | 4 |
| *A. simii* | 4 |
| *A. uncintum* | 4 |
| *A scobolus immerses* | 16 |
| *A. tercorarius* | 16 |
| *Aspergillus nidulans* | 8 |
| *Bombardia lunata* | 7 |
| *Ceratocystis fagacearum* | 4 |
| *Emericellopsis spp.* | 4-2 |
| *Fusarium oxysporum* | 4 |
| *Gelasinospora tetrasperma* | 7 |
| *Glomerella cingulata* | 4 |



| | |
|---|---|
| 6 | *Lipomyces lipofer* |
| 4 | *Nannizzia fulva* |
| 4 | *N. grubyia* |
| 4 | *N. gypsea* |
| 4 | *N. incurvate* |
| 7 | *Neurospora crassa* |
| 7 | *N. sitophila* |
| 7 | *N. tetrasperma* |
| 5-4 | *Penicillium expansum* |
| 7 | *Podospora anserine* |
| 2 | *P. arizonensis* |
| 7 | *Poronia oedipus* |
| 7 | *P. punctata* |
| 18 | *Sacccharomyces cerevisiae* |
| 6 | *Schizasaccharomyces pombe* |
| 7 | *Sordaria fimicola* |
| 4 | *Trichophyton mentagrophytes* |
| | د. البازيديوميسيتات |
| 12 | *Agaricus campestris* |
| 8 | *Amanita fulva* |
| 16 | *Coprinus alrameutarices* |
| 14 | *C. comatus* |
| 12 | *C. logopus* |
| 12 | *C. micaceus* |
| 12 | *Cyathus stercoreus* |
| 4 | *Puccinia Arenaria* |
| 4 | *P. asteris* |
| 6 | *P. carthomi* |
| 3 | *P. coronata calamagrostitis* |
| 3 | *P. coronala seazlis* |
| 6 | *P. graminis* |
| 6 | *P. helianthi* |
| 4 | *P. malvacearum* |
| 6 | *P. sorghi* |
| 4 | *P. xanthii* |
| 3 | *Schizophyllum commune* |

## ١-٦-١ الانقسام النووي

## Nuclear division

### ١-١-٦-١ الخمائر

### Yeasts

يتركب الغلاف النووي في فطر الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* –كما هو الشأن في حقيقيات النوى– من وحدتين غشائيتين. وقبيل أن تبدأ النواة في الانقسام تظهر صفيحة رقيقة مفردة قطرها ١٥٠ نانوميتر تقريباً بين غشائي النواة، ويطلق عليها صفيحة المغزل Spindle plaque أو جسم المغزل القطبي Spindle pole body، وقد أتضح أن هذه الصفيحة تعمل كمركز تنشأ منه الأنيبيبات Microtubules، والتي تتزايد بعملية البلمرة للتيوبيولين. ويرادف هذه الصفيحة في الكائنات الراقية الجسم المركزي Centrosome أو مركز تعضيد الأنيبيبات Microtuble organizing centre وكذا العضية المصاحبة للنواة Nucleus-associated organelle.

وعندما تشرع النواة في الانقسام يحدث ازدواج لهذه الصفيحة فتظهر صفيحتين يتصلان ببعضهما بقنطرة. وتمتد الأنيبيات منها لمسافة قصيرة في كلا من الاتجاهين: أي داخل النواة وإلى السيتوبلازم. والأنيبيات المتجهة للسيتوبلازم تحدد المكان الذي سوف يحدث فيه التبرعم. ويعقب عملية الازدواج الصفائحي هجرة كلا منهما لأحد قطبي النواة، مع استمرار وجودهما ما بين الغشائين (شكل رقم ٣٣).



شكل رقم (٣٣):

الجسم المركزي Centriole (C) يوجد في منطقة مقعرة بغشاء النواة في المرحلة البينية للفطر البيضي *Saprolegnia ferax*. يلاحظ وجود Kinetochore الأنيبيبات الكينيتوكورية متواجدة طوال دورة النواة، وتبدوا واضحة في البلازم النووي (الأسهم). التكبير (١١٤٠٠٠ X).

وهذا الطور هو نهاية المرحلة المعروفة بـ G1 (الحرف الأول من الكلمة gap وتعني الفترة بين طورين) ويترافق ذلك بتضاعف كمية DNA.

تبدأ بعد ذلك المرحلة S وهي نهاية مرحلة G1 والتي يحدث فيها تضاعف كمية DNA في النواة. في هذه المرحلة يبدأ ظهور البرعم الوليد، وهي المنطقة التي قامت فيها إنزيمات معالجة الجدر بتطرية الجدار ورقته. ومع نهاية المرحلة G2 وبداية الانقسام الميتوزي Mitosis يكون البرعم قد وصل لحجم مناسب، وتكون النواة قد هاجرت إلى منطقة العنق بين خلية الأم والبرعم. ويتزامن ذلك مع زيادة نمو الأنيبيات داخل النواة فتوصل بين الصفيحتين، كما تتصل أنيبيات أخرى مع الكروماتيدات. وفي مرحلة الطور الاستوائي Metaphase تترتب الكورماتيدات في المستوى الاستوائي للنواة، ومع نهاية مرحلة Anaphase تحدث عملية إعادة استقطاب Depolymerization للأنيبيات فتؤدي لسحب الكروماتيدات ناحية القطبين، وفي الطور النهائي Telophase تحدث استطالة سريعة

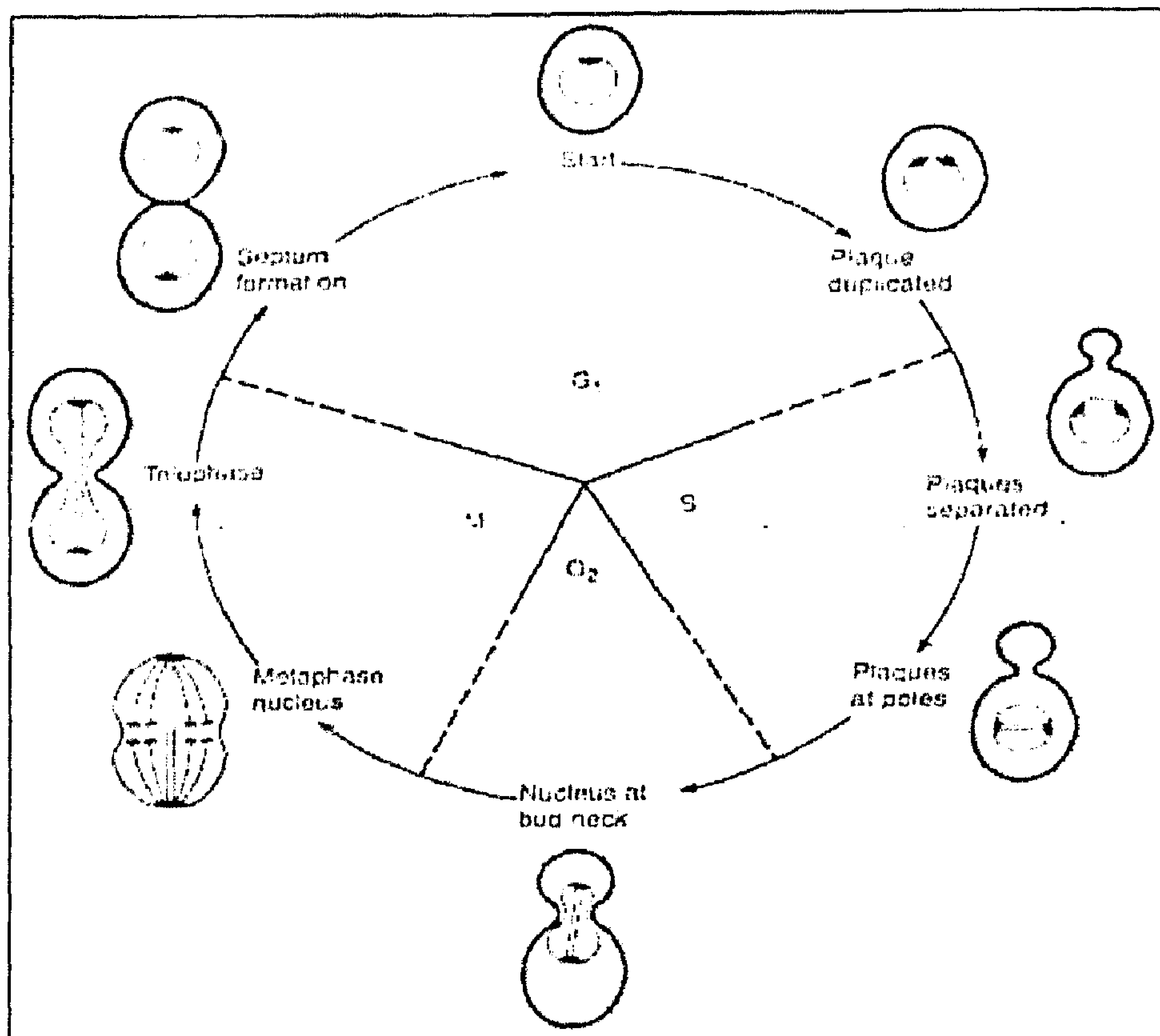
للنواة، ثم تنفصل إلى نواتين، إحداهما تبقى بخلية الأم والثانية بالبرعم، ثم ينشأ الجدار العرضي بين الخليتين وينفصلا.

وخلال هذه المراحل المتتابعة، لا يختفي غشاء النواة، وهذا هو الشأن في مختلف الخمائر وغالبية الفطريات الخيطية، ولكنها تتعارض مع غيرها من حقيقيات النوى حيث في الأخير يختفي الغشاء النووي أثناء الانقسام (شكل رقم ٣٤).

## ➢ الأعفان الرخوة Slime moulds

دُرس الانقسام النووي في بعض الأنواع مثل *Dictyostelium discoideum* و*Physarum polycephalum* ووجد أنه من النوع المفتوح Open mitosis، أي تختفي أغشية النواة أثناء الانقسام، والانقسام النووي في البلازموديات عديدة الأنوية من النوع المقفل Closed. ويحوي بلازموديوم الفطر *P.polycephalum* عدداً لا نهائي من الأنوية المنقسمة والتي توجد بينها درجة عالية من التوافق الزمني الانقسامي High degree of synchrony.






شكل رقم (٣٤): دورة حياة الخميرة المتبرعمة Saccharomyces cerevisiae.

(S): مراحل بناء DNA، (M)انقسام فتيلي، والمراحل البينية للنمو (G1,G2). المراحل الأربعة متساوية تقريباً (مدة الجيل أقل من ساعتين) في حالة النمو الأبطأ، فإن مرحلة G1 تكون طويلة نسبياً. تبدأ الدورة بالمرحلة G1 حيث يحدث تضاعف لصفيحة المغزل، ظهور الأنيبيات في السيتوبلازم يوضح منطقة ظهور البرعم الوليد. يحدث بعد ذلك انفصال الصفائح، تنتشر الأنيبيات منها عبر النواة، بداية بناء DNA ثم ظهور البرعم، ومع نهاية مرحلة S، تبدو الصفيحتين في وضع متقابل ويرتبطان بالأنيبيات. المرحلة G2 تتحرك النواة لمنطقة الانقباض، في مرحلة الطور الاستوائي ينقسم كل كروموسوم إلى كروماتيدتين، في المرحلة النهائية Telophase تذهب الكروماتيدات إلى قطبي النواة. يحدث تكوين الحاجز العرضي بين الخلية الأمية والبنوية في بداية مرحلة G1 يعقبها انفصال الخلايا. *

* انظر The Fungi: قائمة المراجع

## ١-٦-١-٢ الفطريات الخيطيــــة

## The filamentous fungi

أُجريت كثير من الدراسات التفصيلية على دورة التضاعف النووي في الفطر *Aspergillus nidulans*، حيث المكون الطرفي يحوي قرابة ٥٠ نواة. وتحدث دورة التضاعف النووي في حوالي ١٢٠ دقيقة. المرحلة الأولى من الانقسام G1 طويلة نسبياً، والثانية G2 قصيرة. والمرحلة البينية S والتي يحدث فيها تضاعف DNA تستغرق قرابة ٢٠ ق. الانقسام الميتوزي من النوع المقفل، والتوافق الزمني للتضاعف النووي غير متطابق تماماً Parasynchronous حيث يبدأ انقسام الأنوية القريبة من القمة ثم التي تليها بُعداً عنها.

وعلى ذلك، فإن مراحل الانقسام النووي الفتيلي يحدث في تعاقب لا يختلف كثيراً عنه في الكائنات الراقية حيث يشتمل على: الطور البيني Interphase والتمهيدي Prophase والاستوائي Metaphase والانفصالي Anaphase والنهائي Telophase.

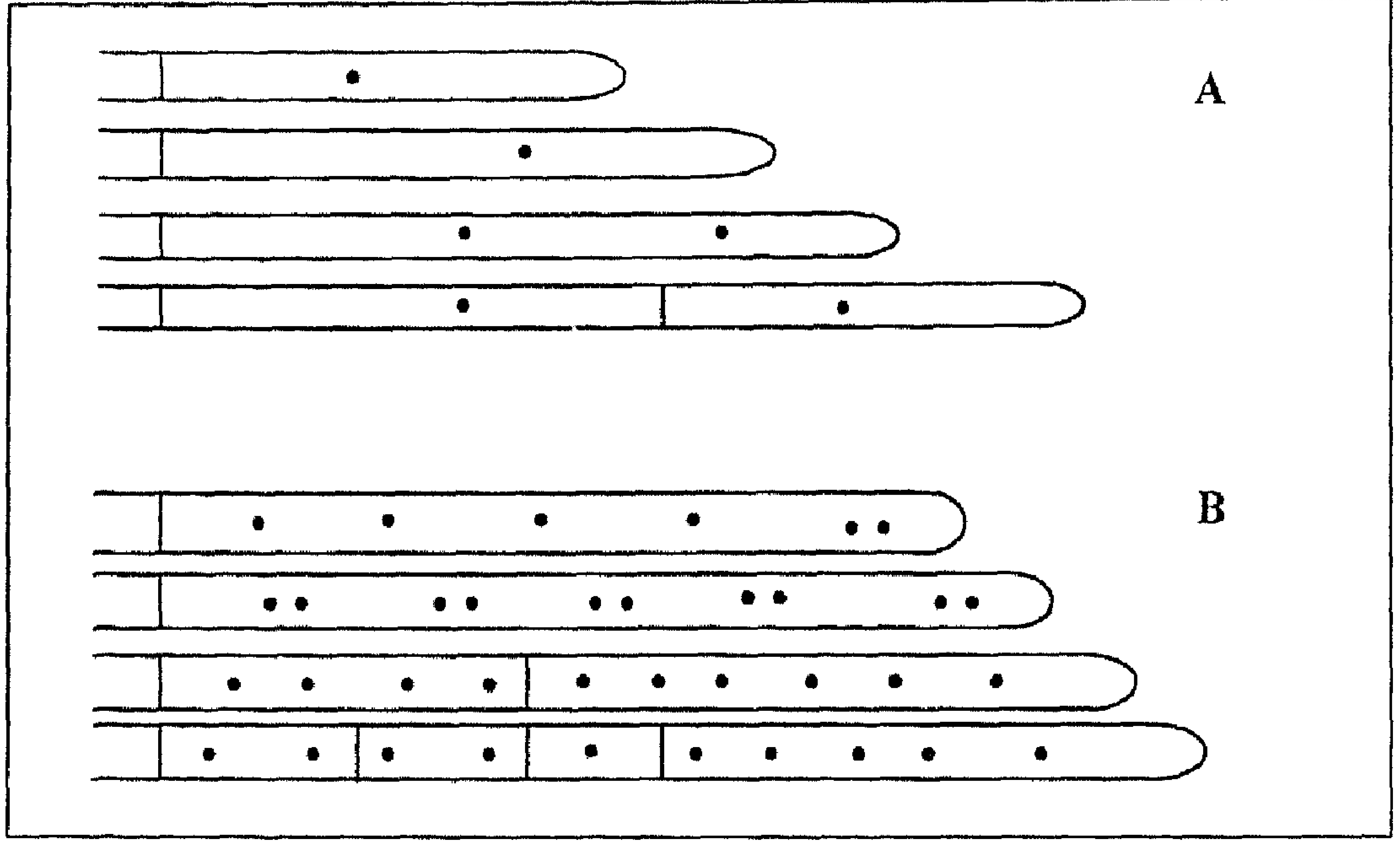
ويحدث الانقسام الاختزالي Meiotic division في الأنوية ثنائية الكروموسومات مقفلاً، وتدل دراسات المجاهر الإلكترونية على حدوث الانقسام الاختزالي بتكوين ما يعرف بالمكونات العقدية Synaptonemal complexs والتي يعد وجودها دليلاً قوياً على حدوث الانقسام الاختزالي.

### ➢ الانقسام النووي وتكوين الجدر العرضية

### Nuclear division and cross wall formation

الخلية الطرفية غالباً عديدة الأنوية، ويعقب عملية الانقسام النووي تكوين الجدار العرضي، وبذلك تبقى الخلية الطرفية عديدة الأنوية. أما في حالة الفطريات ذات الخلايا وحيدة النواة كما في الفطر *Schizophyllum commune*، فتعقب عملية انقسام النواة تكوين

الجدار العرضي (شكل رقم ٣٥).




شكل رقم (٣٥):

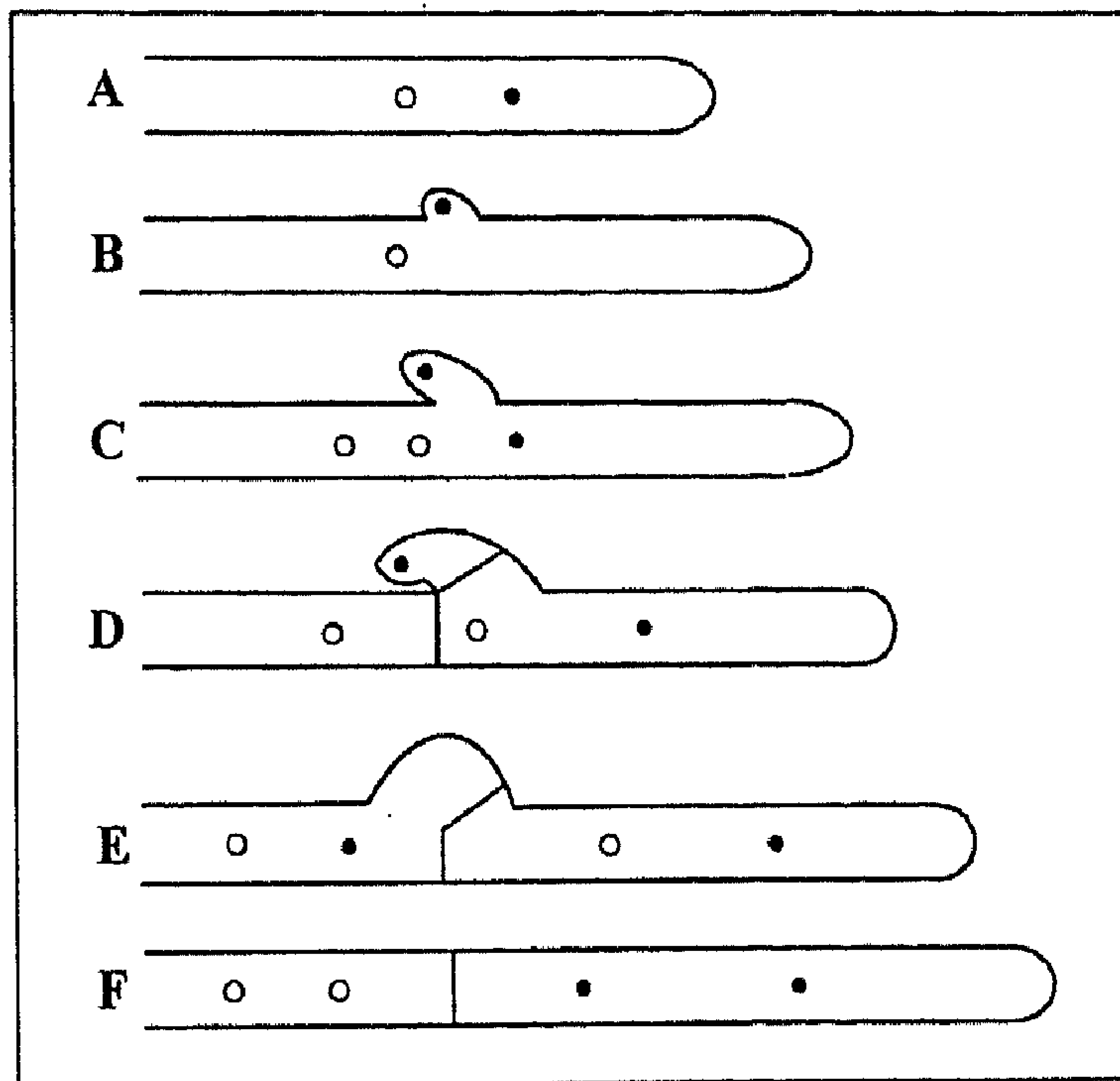
الأنوية والحواجز العرضية خلال الدورة التضاعفية للفطريات الخيطية.

(A): هيفا وحيدة النواة للفطر البازيدي *Schizophyllum commune*، الخطوة الأولى بعد تكوين الجدار العرضي، ثم قبل الانقسام الفتيلي، بعد الانقسام الفتيلي وفي النهاية بعد تكوين الجدار العرضي.

(B): هيفا الفطر الأسكي *Aspergillus nidulans* تبدأ المراحل ببدايات الانقسام النووي، حتى تكتمل في المرحلة التالية، بعدها يبدأ تكوين حاجز عرضي، ثم يتوالى تكوين حواجز عرضية، وتحتفظ عادة الخلية الطرفية بعددها الأولى من الأنوية.*

* انظر Fungal Walls and Hyphal Growth، صـ ٣١٩-٣٥٦، لـ Burnett, J.H &Trinci, A.P. eds مطبوعات جامعة كامبردج.

وفي حالة الخلية الطرفية ثنائية الأنوية، فتوضح الرسوم التخطيطية تكوين الجدار العرضي والروابط الكلابية Clamp cell formation وحركة الأنوية، حيث يؤدي الانقسام إلى إعطاء خلايا ثنائية الأنوية (شكل رقم ٣٦).




شكل رقم (٣٦):

مراحل انقسام الخلية ثنائية الأنوية في الفطريات البازيدية عن طريق تكوين ما يسمى بالروابط الكلابية Clamp connection.

(A) طرف هيفا ثنائية الأنوية.

(B) تكوين نتوء يتجه في نموه للخلف، حيث تتحرك إليه إحدى النواتين.

(C) الانقسام المتزامن للنواتين.

(D) ظهور حاجزين عرضيين يفصلان الأنوية البنوية عن آبائهما.

(E) اندماج طرف النتوء مع الخلية الخلفية معطياً الشكل المميز للروابط الكلابية، ثم تتحرك النواة من النتوء إلى خلية الهيفا الأصلية.

(F) شكل يوضح كيف يمكن أن تنقسم الخلية ثنائية الأنوية بدون تكوين الروابط الكلابية.

## ١-٧ الميتوكوندريا

## Mitochondria

الميتوكوندريا هي موقع الأكسدة التفسفرية في الكائنات حقيقية النوى Oxidative phosphorylation، وتتواجد الإنزيمات ذات الصلة بالنقل الإلكتروني وبناء ATP على السطح الداخلي للغشاء الداخلي للميتوكوندريا، حيث تتسع هذه المساحة بفضل الإنغمادات في الغشاء الداخلي. تحوي ميتوكوندريا الأعفان الرخوة Slime moulds والفطريات البيضية Oomycetes إنغمادات أنبوبية الشكل، بينما غيرها من الفطريات فتكون الإنغمادات صفائحية الشكل كما في الخلايا الحيوانية والنباتية (انظر الشكل رقم ١٨).

تنشأ الميتوكوندريا من تلك سالفة الوجود، وفي مرحلة التكاثر الجنسي عادة ما تتوارث الميتوكوندريا من الأعضاء الجنسية الأكبر حجماً. وتأتي الميتوكوندريا للفطر *Neurospora crassa* من الجسم الثمري الأولي *Protoperithecium*. أما في فطر الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* فتشارك كلاً من الخليتين المتشاركتين في المحتوى الميتوكوندري.

تختلف الميتوكندريا اختلافاً بيناً في الحجم والشكل والعدد أثناء المراحل المختلفة لدورة الخلية وكذا كاستجابة للظروف البيئية. فخلايا *S.cerevisiae* قد تحوي واحدة أو عدة ميتوكوندريا متفرعة قد يصل عددها إلى ٢٠ من تلك غير المتفرعة صغيرة الحجم. وقد يحدث اندماج بين الميتوكوندريا الصغيرة، وقد تتجزأ الكبيرة منها.

## ١-٨ المخزون الغذائي في الهيفا الفطريـة

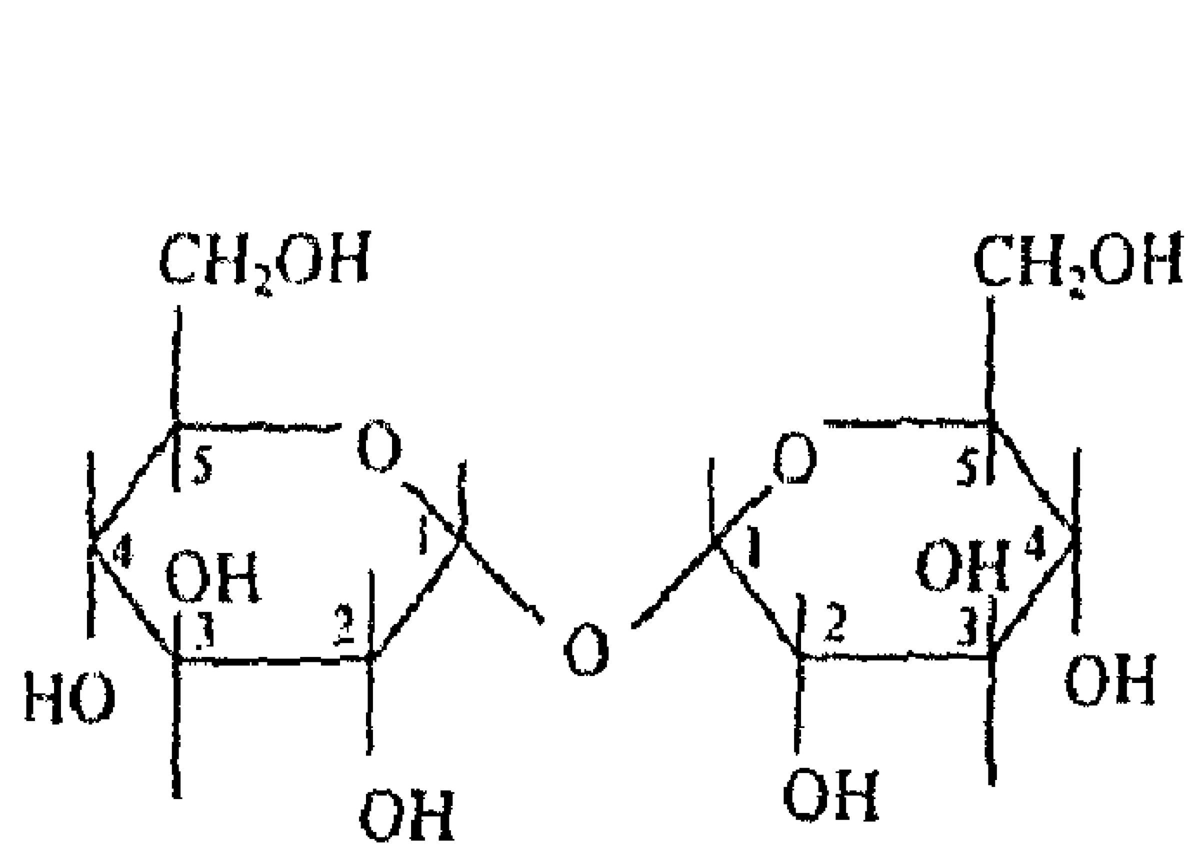
## Reserve materials

تنمو الفطريات على أوساط غذائية ذات مستوى مرتفع من الكربون، لذلك، فإنها شأن الكائنات الراقية تعمد لتخزين الفائض من المواد الكربونية في هيفاتها.

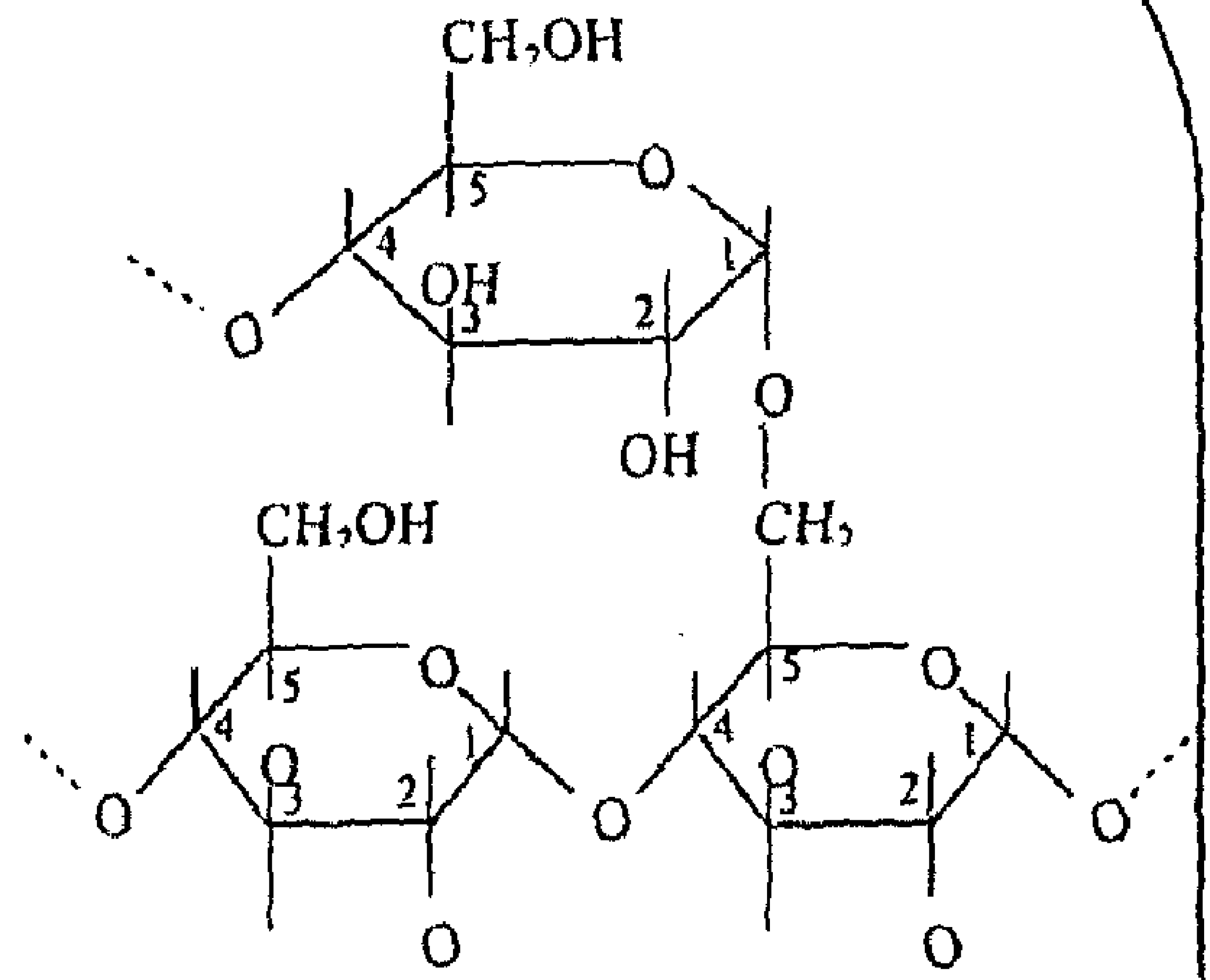
تعمد الفطريات على تخزين الدهون كاحتياطي كربوني، فمن المعتاد ملاحظة قطرات الدهن في الهيفات كبيرة العمر باستخدام الميكروسكوب الضوئي.

يعتبر الجليكوجين Glycogen هو المخزون الكربوهيدراتي واسع الانتشار في الفطريات. وبالرغم من أن الوزن الجزيئي للجليكوجين المستخلص يتراوح من ١ إلى ١٠ مليون دالتون. بالإضافة لكونه قابل للذوبان في الماء، إلا أنه في الخلايا يأخذ شكل الحبيبات غير القابلة للذوبان في شكل معقد ثلاثي الأبعاد، وزنه الجزيئي يزيد عن ١٠٠ مليون دالتون.

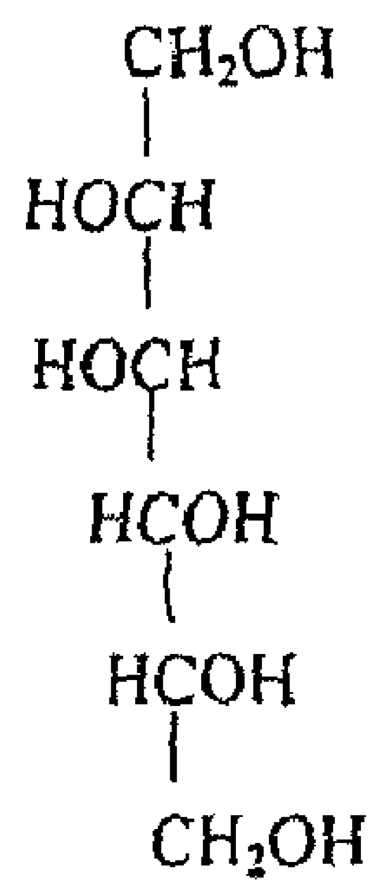
الجليكوجين هو مبلمر لسكر د.جلوكوز في الوضع الفراغي ألفا. لذلك فالمعقد هو ألفا – جلوكان. وترتبط غالبية الوحدات مع غيرها بالرابطة الجليكوزيدية ألفا (١←٤). وكل ١٠ وحدات جلوكوز تقريباً، يظهر تفرع برابطة ألفا (١←٦). وينشأ الحلزون الكثيف في المبلمر بمساعدة الروابط الهيدروجينية. ويعمل التفرع على إنتاج جزيئات عملاقة كثيفة، وبذلك يتكون عدد كبير من النهائيات غير المختزلة التي تهيئ المعقد لسرعة التحليل بواسطة إنزيم فوسفوريلاز Phosphorylase. ويمثل الجليكوجين ما يزيد عن ١٠٪ من الوزن الجاف للفطر (شكل رقم ٣٧).




سكر التريهالوز Trehalose

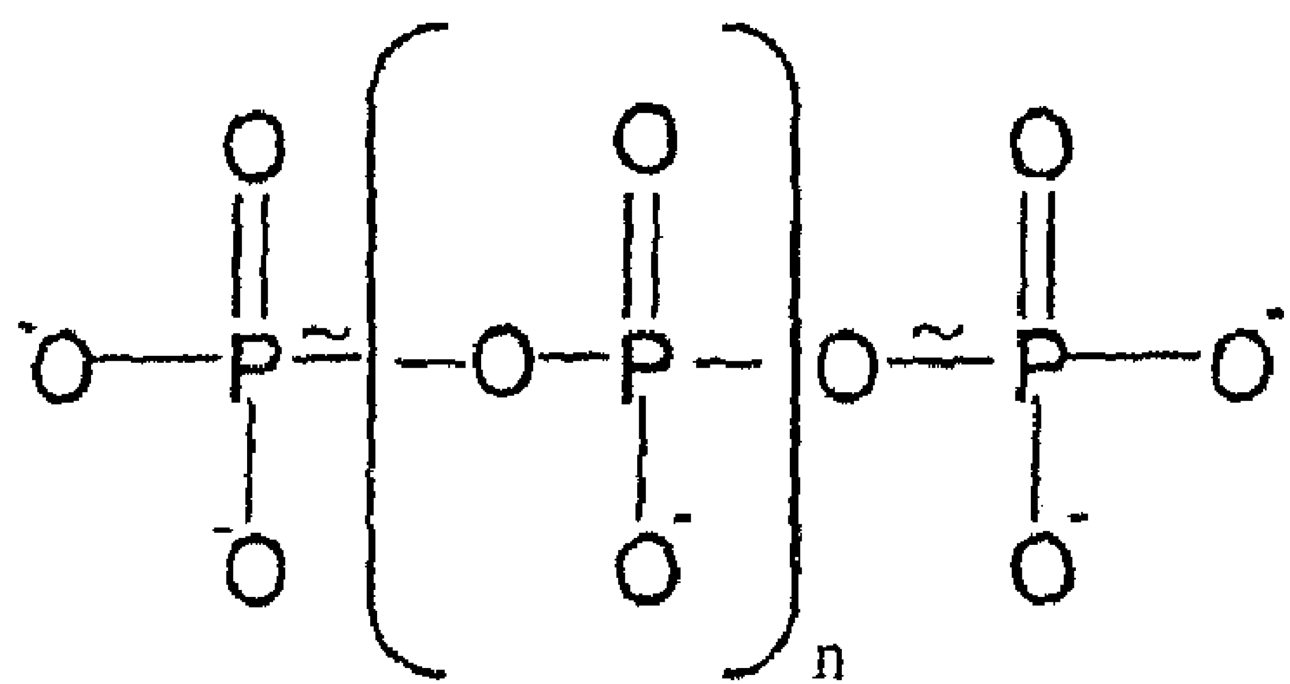



الجليكوجين (جلوكان)




عديد الكحول المانيتول

(السكر الكحولي)




عديد الفوسفات

شكل رقم (٣٧):

*التركيب الجزيئي لأربعة مركبات شائعة في ميسليوم الفطر.*

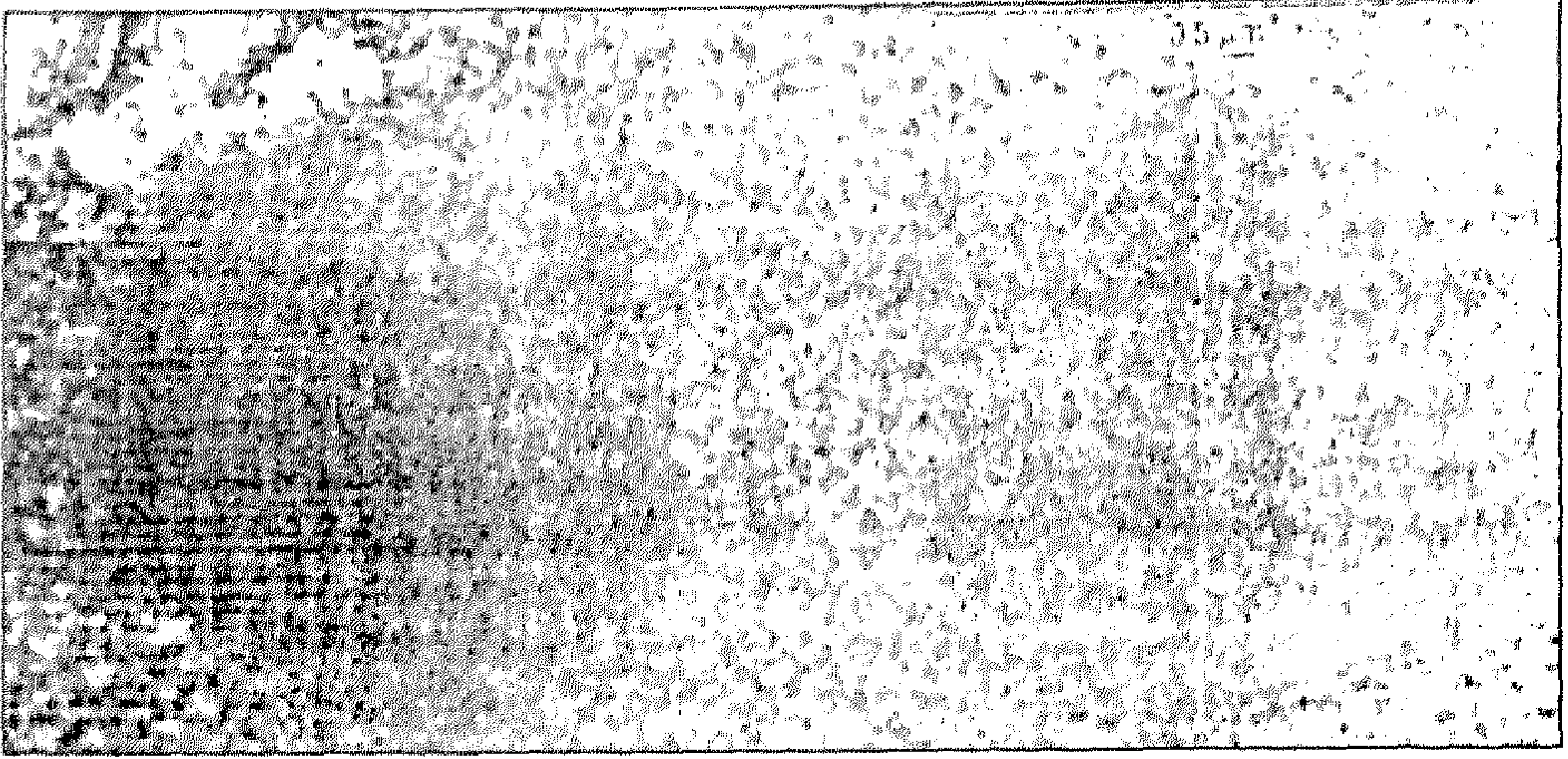
ومن المركبات الكربوهيدراتية ذات الوزن الجزيئي المنخفض، توجد السكريات الأحادية Monosaccharides بتركيز شديد الانخفاض، وغالباً ما توجد في صورة مفسفرة. ويعتبر السكر الثنائي تريهالوز "trehalose" Disaccharide هو الأكثر انتشاراً في الفطريات. يتركب من وحدتين من الجلوكوز، مرتبطين معاً في الوضع ألفا بذرتي الكربون رقم ١، والمسئول عن بناء المركب هو إنزيم تريهالوز فوسفات سينتاز Trehalose phosphate synthase وذلك من الجلوكوز - يوريدين - ثنائي الفوسفات (UDP-glucose) وجلوكوز -٦- فوسفات. وبذلك يتكون تريهالوز -٦- فوسفات الذي يتحول إلى التريهالوز في وجود إنزيم تريهالوز فوسفاتاز Trehalose phosphatase.

وفي وجود إنزيم تريهالاز Trehalase يتحول التريهالوز إلى جلوكوز.

السكريات الكحولية Sugar alcohols (الكحوليات العديدة أو Polyols) شائعة الانتشار في الفطريات، وتشمل: ثلاثي الكربون (الجليسرول)، رباعي الكربون (أريثريتول)، خماسي الكربون (أرابيتول وريبيتول) وسداسية الكربون (مانيتول). ومن أكثرها شيوعاً المانيتول والأرابيتول.

ويمثل التريهالوز وعديدات الكحول قرابة ١٥٪ من الوزن الجاف للفطر. ويوجد بهيفات الفطر حبيبات تحوي كميات كبيرة من عديد الفوسفات Polyphosphate وهو المبلمر الخطي لمادة الأرثوفوسفات، وذلك كمخزون فوسفاتي. يطلق على هذه المعقدات Volutin granules أو Metachromatic granules والأخير يرجع إلى إصطباغ الحبيبات باللون الأحمر عند معاملة خيوط الفطر بالصبغات الزرقاء مثل أزرق الميثيلين (شكل رقم ٣٨).





شكل رقم (٣٨):

تركيب بلوري رفائقي سداسي الأضلاع في الفطر *Sordaria brevicollis*. يظهر غشاء مزدوج يحيط بكل منهما.*

## مراجع للاستزادة


- Gow, N.A.R. and G.M. Gadd eds.(1995). The growing fungus. Chapman & Hall, London.
- Curlile, M.J. and S.C. Watkinson (1994). The Fungi. Academic Prees.
- Burnett, J.H. and Trinci A.P.J. eds.(1979). Fungal Wall and Hyphal Growth. Second Symposium of the British Mycological Society. Cambridge University Press, Cambridge.
- Alexopoulos, C.J. and C.W. Mims. (1979). Introdutory Mycology, 3ed, Wiley, Chichester.


* انظر The Growing Fungus : قائمة المراجع

↳ Bartnicki. Garcia, S. (1968). Cell Wall Chemistry, Morphogenesis and Taxonomy of Fungi.Annual Review of Microbiology, 22,87-108.

↳ Bbyney, P.G. and Marchant, K. (1977). Glycogen and Protein Inclusions in Elongating Stipes of *Coprinus cinereus*. Journal of General Microbiology, 98, 467-76.

↳ Collinge, A.J. and Markham, P. (1982). Hyphal Tip Ultrastructure of *Aspergillus nidulans* and *Aspergillus giganteus* and Possible Implications of Woronin Bodies Close to the Hyphal Apex of the Latter Species. Protoplasma, 113, 209-13.

↳ Gow, N.A.R. and Gooday, G.W. (1982). Vacuotation, branch production and linear growth. Journal of General Microbiology, 128, 2195-8.

↳ Howard, R.J. (1981). Ultrastractural analysis of hyphal tip cell growth in fungi. Spitzenkorper, cytoskeleton and endomembranes after freeze-substitution. Journal of cell science, 48, 89-103.

↳ Hunsley, D. and Gooday, G.W. (1974). The structure and development of septa in *Neurospora crassa*. Protoplasma, 82,125-116.

↳ King, S.B. and Alexander, L.J. (1969). Nuclear behaviour, septation and hyphal growth of *Alternaria solani*. Journal of General Microbiology, 67, 125-33.

↳ Lindmark, D.G. and Muller, M. (1973). Hydrogenosome, a cytoplasmic organelle of the anaerobic flagellate, *Trichomonas foetus*, and its role in pyruvate metabolism. Journal of Biological Chemistry, 248, 7724-8.

↳ Maxwell, D.P., Armentrout, V.N. and Graves, L.B. (1977). Microbodies in plant pathogenic fungi. Annual Review of Phtopathology, 15, 119-34.

↳ Mcelure, W.K., Park, D. and Robinson, P.M. (1988). Apical organization in the somatic hyphal of fungi. Journal of General Microbiology, 50, 177-82.

↳ Oakley, B.R. and Rinehart, J.E. (1985). Mitochndria and nuclei move by different mechanisms in *Aspergillus nidulans*. Journal of Cell Biology, 101, 2392-7.

Robertson, N.F. (1965). The fuhgal hypha. Transactions of the British Mycological Socity, 48, 1-8.

## ١-٩ التغايـــر الشكلـــي

## Morphic switches

يمكن النظر إلى ميسليوم الفطر على أنه حالة جنينية غير مكتملة التطور، لذلك. فإذا ما تعرض الفطر لظروف بيئية مغايرة، فإن الميسليوم يصبح قادراً على إظهار الكثير من التغيرات.

هذه التغيرات إما أن تكون قصيرة المدى أو طويلة المدى. كما يشمل التغاير الوظائف والصفات الشكلية المختلفة وكذا قدرة الفطر على النمو في أنماط تركيبية جديدة. وتدل الدراسات السيتولوجية على أن هذا التغاير قد يكون محكوماً بعوامل سيتوبلازمية.

وبالرغم من أن بعض الفطريات مثل أنواع جنس *Fusarium* متعددة الأشكال Highly polymorphic وتتعدد تعبيراتها، إلا أن أكثرها انتشارا هو التغاير الثنائي Dimorphism حيث يتراوح التغيير بين خيارين فقط . ومن أمثلة التغايرات ما يلي:

### ١-٩-١ التغاير الخمائري: الميسليومي

### Yeast phase: mycelial phase dimorphism

تتزايد أعداد الفطريات ذات المقدرة على التذبذب بين وحيد الخلية (نمو محدود) والنمو الميسليومي (غير محدود)، ويؤدي هذا التحول إلى أن يصبح الفطر قادراً على تخطي الظروف المختلفة. فالنظام الخمائري يتيح للفطر المقدرة على تحمل التذبذبات العالية Stress tolerance، وتساعده على الانتشار في السوائل. أما الميسليوم فقادر على اختراق الطبقات التحتية الصلبة، واستعمار الأوضاع الفراغية المختلفة.

فمن الملاحظ أن الكثير من الفطريات المتطفلة على عديدات الأرجل، أو الثدييات أو النباتات الوعائية، تستعمر عوائلها في الطور الخمائري عن طريق تيار الدم والسائل الليمفاوي والأوعية الخشبية ويتحول الفطر للطور الميسليومي فقط عندما يصبح مستعمر كلية بواسطة الطفيل.

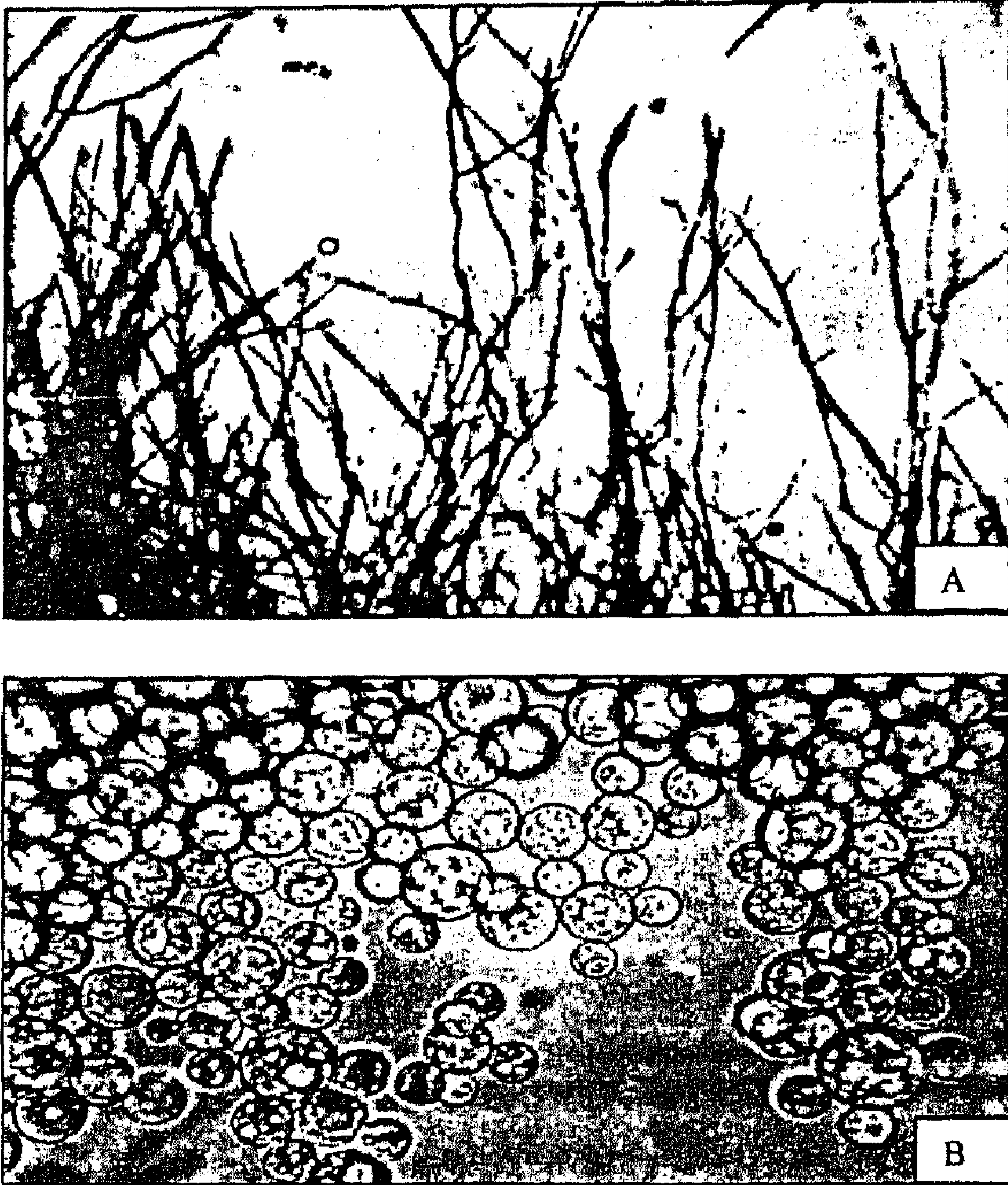
والفطريات المسببة لتحلل الأخشاب والمنتقلة بالحشرات تنتقل في الطور الخمائري. ويبدو أن تكوين الطور الخمائري يرجع لإفرازات الأشجار التي توقف نمو الفطر.

يبدو أن التغاير الثنائي نادر الوجود في الحالات الرمية تحت الظروف الطبيعية. إلا أن لهذه القاعدة بعض الاستثناءات. فبعض أفراد رتبة الميكورات Mucorales لها مقدرة عالية على التغاير.

ومن الأمثلة المثيرة على التغاير أن الفطر *Mycotypha microspore* ينمو في طوره الخمائري إذا ما تعرض لتوتر طبيعي أو كيماوي، كما يعطي النمو الخمائري في وجود الفطر *Piptocephalis fimbriata* الذي يتطفل عليه. ويؤدي هذا السلوك من الفطر *M.microspora* لتعطيل إنسياب المواد الموجهة لنمو الطفيل والتي تقود هيفاته تجاه العائل. وبذلك تقل لحد كبير فرصة حدوث التطفل الفطري (شكل رقم ٣٩).

من المفترض أن الدور المحوري لظاهرة التغاير هو اختلال عملية بناء الجدر إلا أن المعطل الأساسي لفهم آلية التغاير هو كثرة العوامل البيئية المؤدية إليه.






شكل رقم (٣٩): التغاير الشكلي في الفطر *Mucor rouxii*

(A) النمو الميسليومي نامياً في الهواء.

(B) الشكل الخمائري ناتجاً عن تنمية الفطر في ثنائي أكسيد الكربون.*

يعتقد أن التغاير قد يكون راجعاً إلى اختلال آلية التدفق الداخلي للأيونات والتبادلات $Ca^{+2}$-Calmadulin، وتؤيد بعض الأدلة اشتراك cAMP، كما يفترض أن التغيرات

* انظر Garraway and Evans : قائمة المراجع

البيئية قد تعرقل نشاط إنزيمات أدنيل سيكلاز Adenyl cyclase وكذا cAMP phosphodiestrase. هذه الإنزيمات هي المسئولة عن تكوين وتحليل cAMP على التوالي، وذلك إما مباشرة أو من خلال التأثير على التدفق الأيوني. ويعمل النسخ الجيني Gene transcription على بناء cAMP، الذي يتحكم بصورة مباشرة أو غير مباشرة في النواتج التي تعمل على بناء مكونات الجدار الخلوي. فعملية تنشيط إنزيم بروتين كيناز المعتمد على الأدينوزين أحادي الفوسفات الحلقيcAMP-depndent protein kinase التي تعمل على بناء وتآزر الأنيبيبات Microtubules واللويفات Microfilaments تعمل على انسياب البادئات إلى مواقع التفاعل، كما قد تؤثر على الأيض النيتروجيني، وبناء عديد الأمين المؤثرة على نمو الفطر.

ويوضح الجدول الآتي أمثلة لبعض الفطريات المتغايرة بين الطورين (الخمائري – الميسليومي) وأهم العوامل المؤثرة عليه:



| الحالة المعيشية | الفطر | تستوطن | أهم العوامل المؤثرة |
|---|---|---|---|
| تعيش على الحشرات | *Beauveria bassiana* | كل الأنسجة وتبدأ في الدم | طبيعة ومدى توافر مصدر الكربون والنيتروجين والفوسفور. |
| | *Entomophthora spp.* | كل الأنسجة وتبدأ في الدم | |
| | *Ambrosia* | حشرات الأخشاب | طبيعة مصدر النيتروجين المتوافر. |
| متطفلة على النباتات | *Aureobasidium pullulans* | الأوراق – السيقان | |
| | *Ophiostoma ulmi* | الأوعية – القلف | |
| | *Verticillium dahliae* | عناصر الخشب | |
| مترممــــات | *Mucor rouxii* | التربة – القمامة | |
| | *Mycotypha microspora* | التربة – القمامة | مستوى $O_2$ , $Co_2$ وتركيز السكر. |
| | *M. africana* | التربة – القمامة | مستوى $O_2$ , $Co_2$ وتركيز السكر. |
| ممرضات للإنسان والحيوان | *Cladosporium wernkii* | الجلد | مستوى $Co_2$ ودرجة الحرارة. |
| | *Candida albicans* | جلد الإنسان | ن.استيل جلوكوز أمين ،سيروم الدم ،درجة الحرارة |
| | *Histoplasma capsulatum* | ممرض للإنسان والحيوان | |
| | *Paracoccidiodes brasiliens* | ممرض للإنسان والحيوان | ظروف التربة |
| | *Coccidioides immitis* | ممرض للإنسان والحيوان | درجة الحرارة |
| | *Sporothrix schenckii* | ممرض للإنسان والحيوان | درجة الحرارة |

جدول يوضح أمثلة لبعض حالات الفطريات المتغايرة شكلياً وأهم العوامل المؤثرة على هذا التغاير

## ١-٩-٢ التغاير الثنائي: النمو البطئ الكثيف والسريع المفكك
## Slow-dense: fast-effuse dimorphism

عندما توشك المواد الغذائية في الطبقة التحتية على النفاذ، فإن الميسليوم يبدى نوعين من التغيرات الشكلية. الأول يتضمن تغيرات في أطوال السلاميات والثاني يشمل زاوية التفرع، وبذلك يختل التوازن بين النمو الطولي وزاوية التفرع. فيظهر نمطان للنمو، الأول بطئ - كثيف والثاني سريع - مفكك. الأول سلامياته قصيرة بطيئة النمو، أما الثاني فهو سريع يتزامن مع استطالة السلاميات، مع مسافات واسعة بين الفروع وتخرج الفروع على زاوية حادة.

## ١-٩-٣ التغاير الثنائي: النمو الهوائي والنمو المغمور
## Aerial growth: appressed growth dimorphism

يعطي الميسليوم هيفات هوائية، ويبدو أن مثل هذه الهيفات ليس لها صفات انتحائية. وهي تحصل على غذائها من الهيفات المطمورة في الطبقة التحتية. ويعتقد أن الهيفات الهوائية تعمل على الهروب من الطبقة التحتية إما بسبب نواتج الأيض الثانوية أو ضعف التهوية. وكلا الاتجاهين للنمو (الهوائي - المغمور) هما نقيضين يحدثان معاً أو منفصلين.

مثل هذا التغاير الثنائي يحدث في الفطريات الأسكية Ascomycotina والبازيدية Basidiomycotina. ومن الأمثلة الواضحة الفطر البازيدي المحلل للأخشاب *Hymnochaeta corrugata* يعطي نوعين من الميسليوم لهما معدلات نمو واحدة. الأول هوائي أبيض اللون، يوجد على حواف الأخشاب ذات التحلل العالي، ويبدي نشاطاً عالياً لإنزيمي تيروزيناز Tyrosinase ولاكاز Laccase، وهما من الإنزيمات المصاحبة لعملية هدم اللجنين. أما النمط الثاني فهو مطمور بالخشب بني أو مصفر اللون.



## مراجع للاستزادة

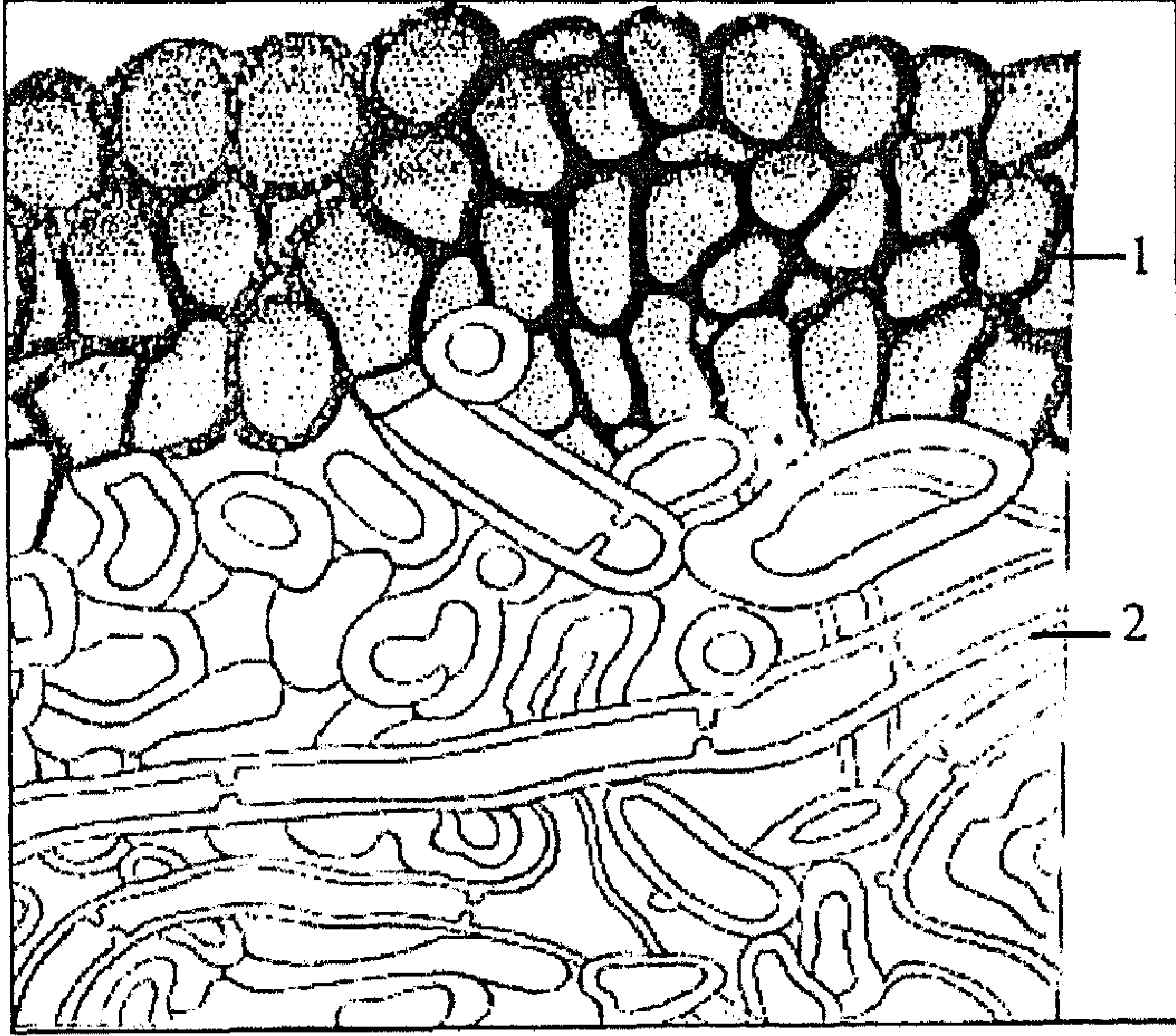

- Gow, N.R. (995). Yeast-hyphal dimorphism in the growing fungus. Eds by N.R. Gow and G.M. Gadd. Chapman & Hall, London.
- Gadd, G.M. and Brunton, A.H. (1992). Calcium involvement in dimorphism of *Ophiostoma ulmi*, the dutch elm disease fungus, and yeast cells, and germ tubes. Journal of General Microbiology, 138, 1561-71.


## ١-١٠ التمايز والتوالد الشكلي وتكوين الأنسجة

## Differentiation, morphogenesis &tissue formation

يعتبر الجزء من الميسليوم والذي يستمر دون تغير هو الجزء الطرفي من الهيفا والذي يلعب دوره الهام في عملية امتداد بناء الجدار، وتعتبر عملية تكوين الجدار العرضي هي الخطوة الأولى لحدوث عملية التعقيد، كما أنها تطلق الزناد للنشأة الشكلية. ويبدو أن عملية تكوين الجدار العرضي هي المفتاح الرئيسي لعملية التوالد الشكلي، حيث يعطي الأجزاء التي ستبقى في حالة اتصال المقدرة على أن تعمل بدرجات عالية من الذاتية، كما أنها تهيئ انطلاق النظام الخلوي ذو المقدرة على الانقسام وظهور درجات مختلفة من الأنسجة الكاذبة، ولكل من هذه النسج وظيفة محددة. كما تعمل الجدر العرضية على قابلية الاقتران الجسدي Anastmosis، وهي الظاهرة التي تعمل على الاتصال والتوالد التعضدي. ونظراً لعدم وجود جدر عرضية في الفطريات الزيجية والبيضية، فنلاحظ عدم حدوث عملية اندماج هيفي فيهما، باستثناء عملية اقتران الجاميطات والتي تحدث بعد تكوين الجدار العرضي الذي يفصلها عن الهيفا الحاملة. وعلى ذلك، فإن تكوين الجدار العرضي في كل من الهيفات المتخصصة والغير متخصصة يعطي المقدرة على تعارف الهيفات والتي يمكن أن يحدث بينها إتحاد.

ويلاحظ أن النشأة التعضدية تبدأ عندما يتحول النمو التباعدي للهيفا إلى نمو تقاربي، فالتجمع والاندماج يمكن أن يولدا النسيج المحاك Plectenchyma (شكل رقم ٤٠).




شكل رقم (٤٠): النسيج المحاك

1) الطبقة الخارجية ، 2) الطبقة الداخلية

ويجد نوعان من النسيج المحاك: الأول Prosenchyma أي القريبة من النسيج المحاك هو نسيج مفكك التركيب حيث يمكن مشاهدة وحداته بسهولة، والثاني هو النسيج البارنشيمي الكاذب Pseudoparenchyma والذي يُرى في القطاعات الميكروسكوبية جيد الترابط مشابهاً للنسيج النباتي. وفيه لا ترى الهيفا المكونة للنسيج بوضوح، ويتطلب الأمر المزيد من القطاعات والفحوص بالمجهر الإلكتروني الكاسح.

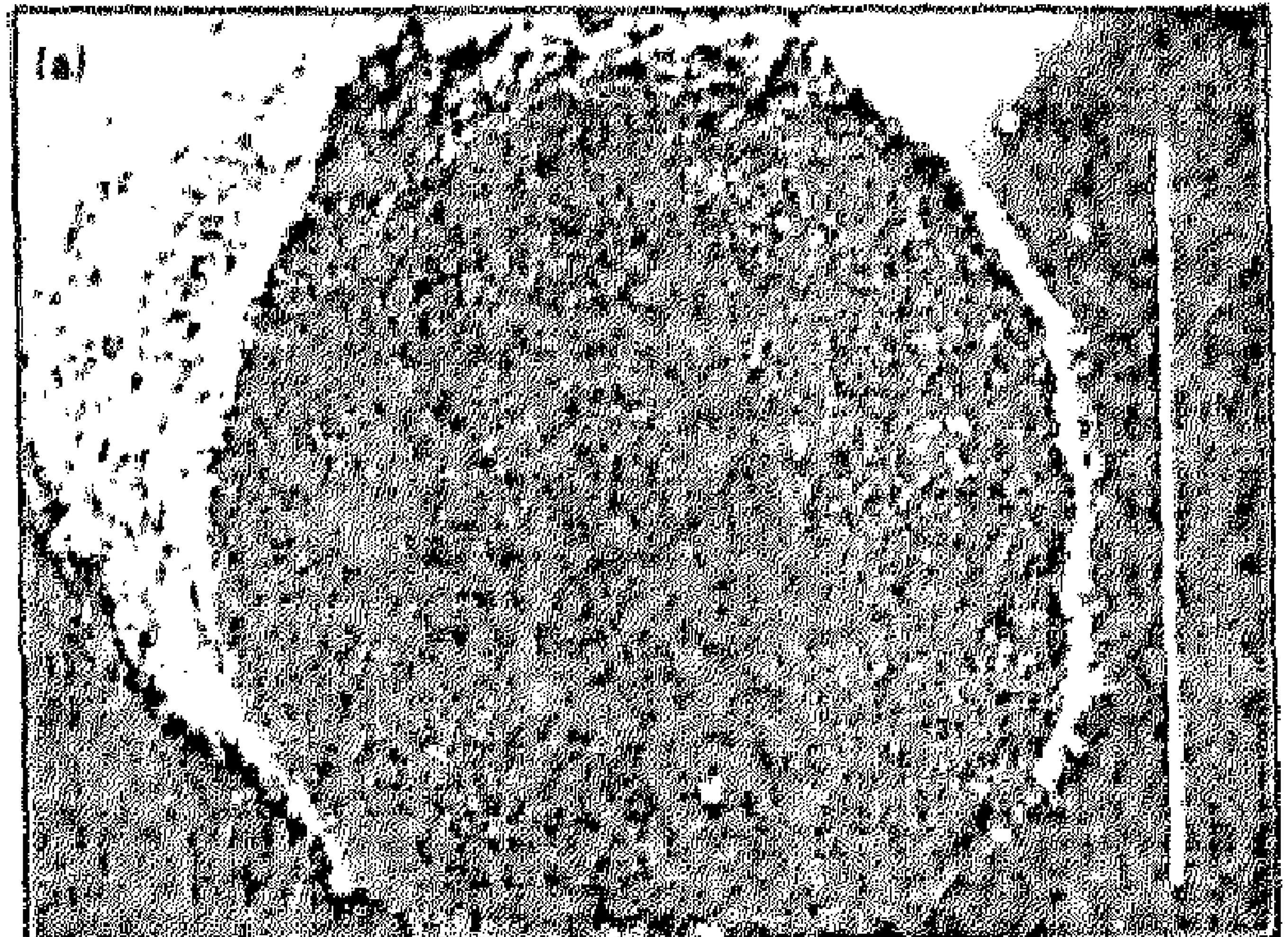
## ١-١٠-١ الحبال الميسليومية وأشباه الجذر
## Cords and Rhizomorphs

هي أعضاء ميسليومية جسدية خطية Linear، تتكون غالباً في الفطريات البازيدية. تنشأ من عملية تلاصق لخيوط طولية، نامية للخارج وممتدة. وقد أمكن تمييز نوعان من الحبال من حيث النشأة:

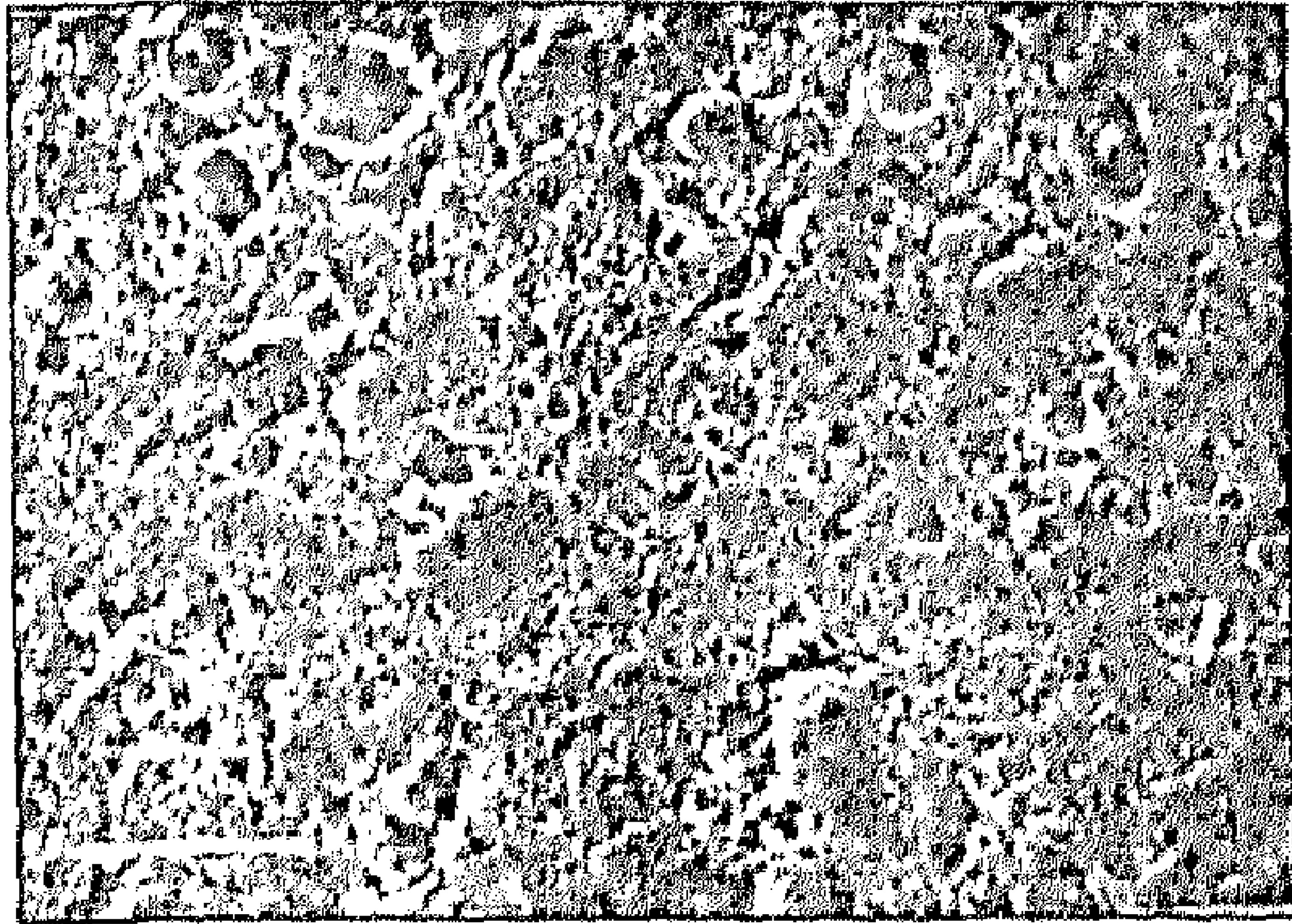
الأول: يحدث في الفطر المسبب لمرض عفن الجذر القرنفلي للبنجر *Helicobasidium purpureum*، حيث تتقارب الهيفات الرقيقة المقسمة فتتلامس وتعطي مجموعة قيادية، هذه تتجمع في حبال يزيد فيها قطر القاعدة وتضيق في اتجاه القمة. كما تظهر تداخلات قصيرة مع اقتران جسدي للهيفات داخل الحبال والذي قد يتفرع ويتحد مع غيره من الحبال القريبة.

الثاني: وهو الأكثر شيوعاً، حيث ينشأ الحبل من هيفا مفردة، سميكة، قيادية، تُحيط هذه الهيفا نفسها بتفرعاتها. ويشاهد في هذا الفطر *Sepula lacrimans* أن الفروع الأولية التي تحيط بالهيفا القيادية ترتبط ببعضها بما يشبه المحاليق Tendril الجانبية. يتم بعد ذلك تخزين كميات وافرة من الجليكوجين داخل الهيفات المغلفة، ثم تظهر بالهيفا القيادية فجوات واضحة. تتحلل الهيفات المحيطية ذاتياً وتتمايز الهيفات مغلظة الجدر. ويصبح الحبل في شكله النهائي محتوياً على سلسلة من الأنابيب المجوفة، محاطة بمادة ليفية، وجميعها مطمورة في مادة غير خلوية (شكل رقم ٤١).

وعلى النقيض من الحبال، تتكون الأشكال الجذرية من عدة قمم لهيفات منفصلة في الفطر *Sphaerostilbe repens* تتركب القمة من عدة هيفات متوازية على طول محور الشبه جذر، تعطي الهيفات الخارجية ما يشبه القشرة Cortex، يليه للداخل المركز المحيطي Medulla ذو النخاع المركزي Central lacuna (شكل رقم ٤٢).




A



B



C

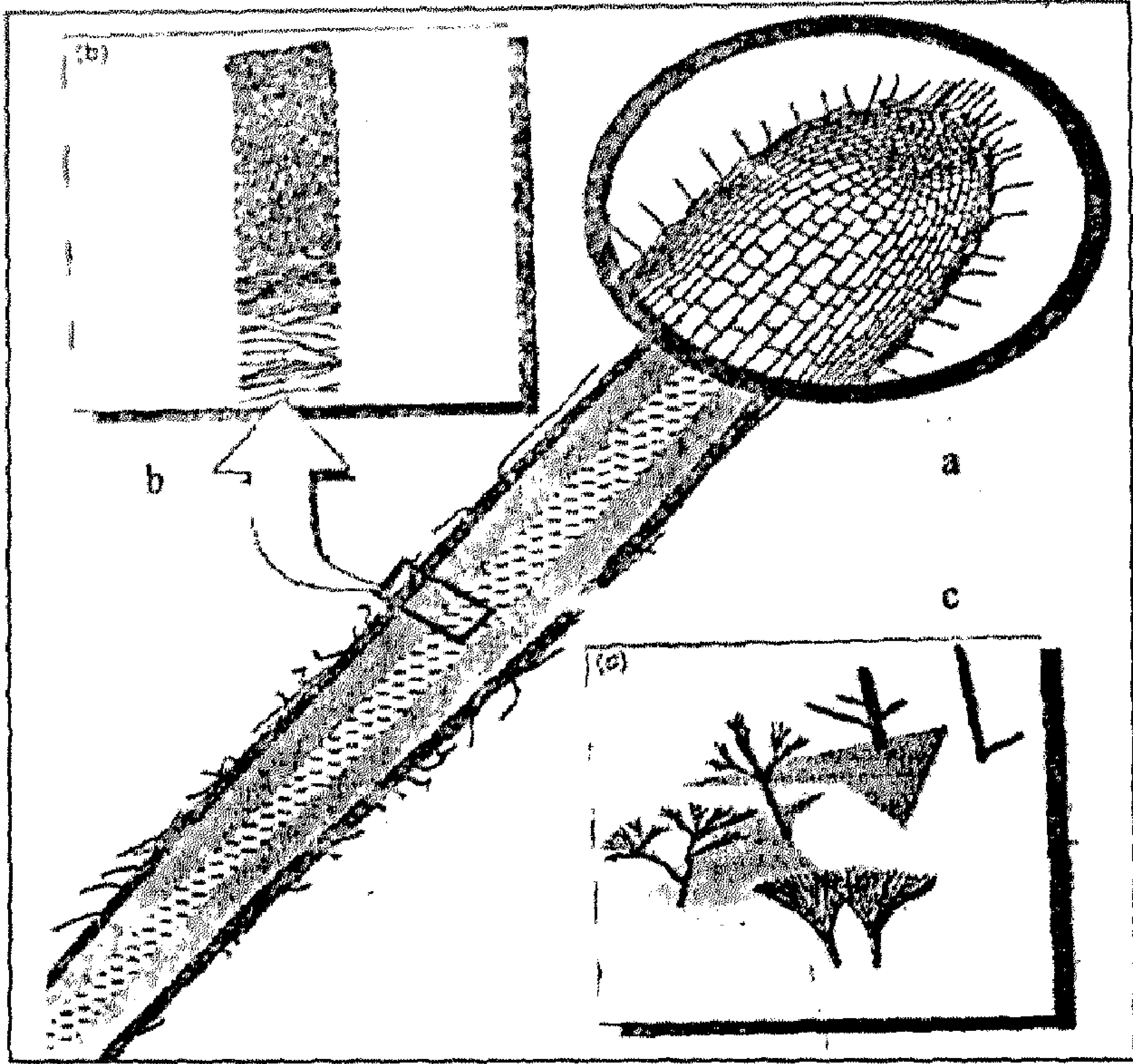
شكل رقم (٤١):

قطاعات في الحبال الميسليومية للفطر *Steccherinum fimbriatum* مكبرة باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الكاسح.

(A) منظر عام للحبل يوضح وجود المنطقة المركزية Medulla محاطة بالقشرة Cortex مع الغطاء الخارجي، حيث تظهر الهيفات المحاكة. (خط القياس = ١ مم).

(B) تكبير المنطقة المركزية حيث تظهر الهيفات ذات القطر الكبير مع محتويات عالية الكثافة. (خط القياس = ٥ ميكرومتر).

(C) هيفات موصلة ذات جدر سميكة. (خط القياس = ٥ ميكرومتر).




شكل رقم (٤٢): تركيب الشكل الجذري.

(a) رسم يوضح التركيب العام مع تكبير منطقة القمة لتوضح منطقة النمو حيث الخلايا شديدة الالتصاق. توجد خلف القمة المنطقة الوسطى التي تحوي خلايا عديد الأنوية، مجوفة ومنتفخة محاطة بفراغات تحوي مادة مخاطية. تكون المنطقة الوسطى قناة مركزية عبر الشكل جذر.

(b) صورة تظهر التركيب الإيضاحي لهذه المنطقة.

(c) صورة تظهر المراوح الميسليومية، الشرائط، الحبال والشبه جذر في سلسلة حيث توضح الاتجاه إلى السيادة القمية.*

وشبه الجذر البالغ يتركب من منطقة خارجية من هيفات مغلظة، مرتبطة جانبياً، ميلانينية، وهذه تحيط بقشرة Cortex ومركز محيطي Medulla لخلايا أقل التصاقاً ترتبط معاً بمادة بين خلوية. وخلايا منطقة ميديولا الخارجية قد تتغلظ مركزياً، إلا أن المديولا

* انظر The Growing Fungus : قائمة المراجع

الداخلية تتركب من هيفات مفككة والتي سرعان ما تنهار لتعطي المنطقة المركزية ويؤدي هذا لتسيير الأكسجين لكل من الديولا الداخلية التي تدعم بخلايا ليفية طويلة والمنطقة المستدمية.

تلعب الشرئط الميسليومية Strands والحبال وأشباه الجذور دوراً هاماً عندما يكون الإمداد الغذائي والماء مطلوباً بكميات كبيرة. فهي تتكون بوفرة في زراعات عيش الغراب، حيث تعمل كقنوات تسير فيها المغذيات إلى الأجسام الثمرية الوليدة. كما تكونها فطريات الجذور Mycorrhizal fungi، حيث تتشعب في التربة، وتعمل على إمداد جذور النبات العائل بالمغذيات.

## ١ـ١٠ـ٢ الأجسام الحجرية

## Sclerotia

تعتبر الأجسام الحجرية خلوياً تجمعات هيفية في نسيج بارانشيمي كاذب تتميز فيه المنطقة الكثيفة للنسيج إلى البشرة الخارجية Outer rind والمركز الداخلي Inner medulla، مع منطقة قشرة Cortex قد تعمل أحياناً على الفصل بينهما.

تشبه الأجسام الحجرية الدرنة Tuber-like وتنفصل عن الميسليوم المكون لها عند النضج. وبعض الأجسام الحجرية تتركب فقط من بضعة خلايا ولذلك، تكون ذات أبعاد ميكروسكوبية. وفي المقابل، فإن الأجسام الحجرية للفطر *Polyporus mylittae* الموجود في صحراء استراليا قد يصل قطرها إلى ٢٥ – ٣٥ سم.

الأجسام الحجرية هي تراكيب مقاومة لمختلف الظروف والتي قد تمضي فترة سكون قبل أن تتهيأ للإنبات، وعادة ما تنبت بإعطاء أجسام ثمرية، وقد تمضي الأجسام الحجرية الساكنة لعدة سنوات محافظة على حيويتها. والبشرة عادة تتركب من قمم هيفية شديدة

التلاصق، ذات جدر سمكية ومحتوية على صبغة الميلانين لتعطي طبقة غير منفذة على الإطلاق.

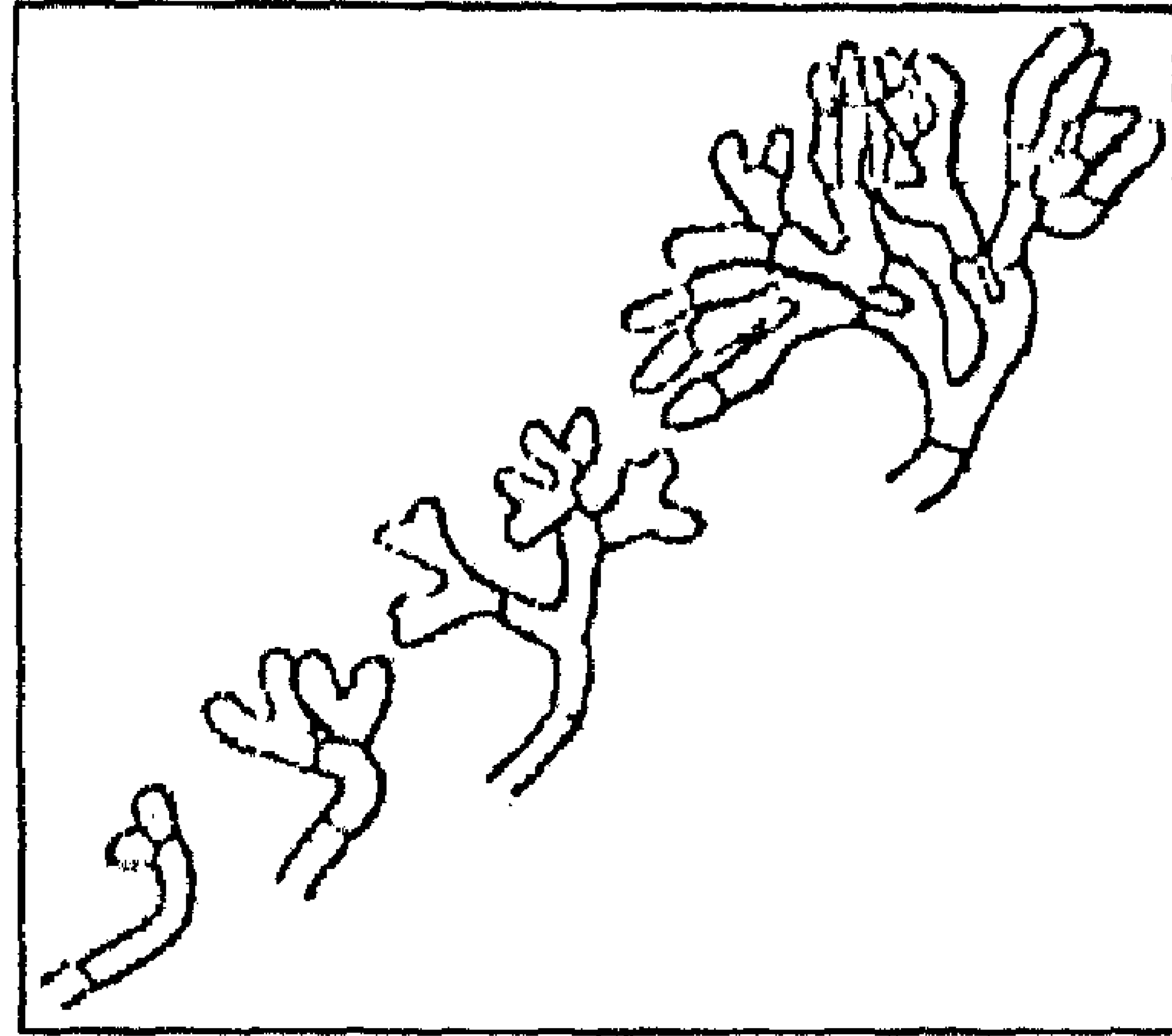
يعطي المركز Medulla الكتلة الأساسية للجسم الحجري، وخلاياه بالإضافة لخلايا القشرة (إن وجدت) تخزن كميات هائلة من الجليكوجين والفوسفات العديد والبروتينات والدهون.

تتكون الأجسام الحجرية بدءاً بما يعرف بالبدايات Initiation، عندها تبدأ الهيفات في التجمع لكي تعطي "بداية صغيرة مميزة" وعندما تنموا وتكبر هذه البدايات لتصل إلى حجمها النهائي يحدث تراكم للاحتياطي الغذائي من الميسليوم الأبوي حتى تصل لمرحلة النضج. ويتميز النضج Maturation بانفصال السطوح وإصطباغ جدرها الخلوية، كما تعرف فسيولوجياً، بتحول الغذاء المخزون إلى أشكال تناسب فترات التخزين الطويلة.

أمكن تمييز عدة أنماط لنشأة Ontogeny الأجسام الحجرية. النمط الأول وهو النمط السائب Loose type كما في الفطر *Rhizoctonia solani* تنشأ البدايات بتفرع الهيفات وتقسيمها. تصبح الخلايا منتفخة ومتضخمة وممتلئة بمحتويات كثيفة مع فجيوات عديدة. والجسم الحجري الناضج هو نسيج بارانشيمي كاذب، إلا أن النسيج يكون ذو تركيب مفتوح، كما تظهر بوضوح الطبيعة الهيفية المشععة. وعلى حواف مثل هذا النمط من الأجسام، تُرتب الهيفات بصورة سائبة، وغالباً ليس لها جدر سمكية.

النمط الثاني هو الطرفي Terminal type يتميز بالتفرع الثنائي المتتالي لطرف الهيفا مع تكوين جدر عرضية (شكل رقم ٤٣).

ومن أمثلته، الأجسام الحجرية للفطر *Botrytis cinerea* و *B. allii*، وتتلاصق الأفرع معاً بشدة لتعطي مظهر النسيج الصلب Solid tissue.



شكل رقم (٤٣):

التحول من النمو الخطي إلى المستوى الثنائي المحور.*

وفي الجنس *Botrytis*، يصل طول الجسم الحجري إلى ١٠مم وعرضه ٣–٥ مم وسمكها ١–٣ مم. تتميز إلى بشرة تتركب من عدة طبقات من الخلايا المستديرة سميكة ومصطبغة الجدر، وقشرة من نسيج بارانشيمي كاذب رقيقة. الجدر ذات محتويات كثيفة وفي القلب (المركز) توجد خلايا خيطية مفككة.

النمط الجانبي Lateral type يوضحه الفطر *Sclerotinia gladioli* (المسبب لمرض العفن الجاف لكورمات الجلاديولس)، تظهر البدايات بتكوين عدة أفرع جانبية من هيفا واحدة رئيسية أو عدة هيفات أو شرائط من عدة هيفات متوازية. والجسم الناضج يتراوح قطره من ٠,١ إلى ٠,٣مم، ويتميز إلى بشرة تتركب من خلايا صغيرة سميكة الجدر وقلب (مركز) من خلايا كبيرة رقيقة الجدر.

توجد أجسام حجرية تتكون بصورة أكثر تعقيداً، حيث قد يحوي الجسم أجزاء من الطبقة التحتية أو حتى جزء من النسيج العائل إذا كان الفطر متطفلاً على النباتات، ويطلق

* انظر The Growing Fungus : قائمة المراجع

على مثل هذا التركيب ككل نوع من الجسم الحجري. وبسبب طبيعة هذا الجسم المصمط. فهو يعمل على الوقاية من الجفاف، قد يتطور ليعطي في بعض الأحوال ما يسمى صفيحة الجسم الحجري الكاذب، وكمثال، فعلى سطح التراكيب الهيفية للفطر *Hymenochaete corrugata* تتلاحم تفرعات عديدة معاً، وبحدوث تلاصقات متماثلة بين الأشباه الجذرية والأوراق المتساقطة في الغابات الاستوائية، وعندها تشتمل هذه الصفائح كل الكتلة المتواجدة عليها، فإنها تعطي تركيب يطلق عليه الجسم الحجري. ويعتبر المصطلح في هذه الحالة وظيفي أكثر منه تركيبي. ويعرف التركيب على أنه تجمع لعديد الهيفا والذي قد يبقى في حالة سكون. وعندما تعود الظروف المناسبة أدراجها "ينبت" من جديد ليعطي الفطر مرة ثانية.

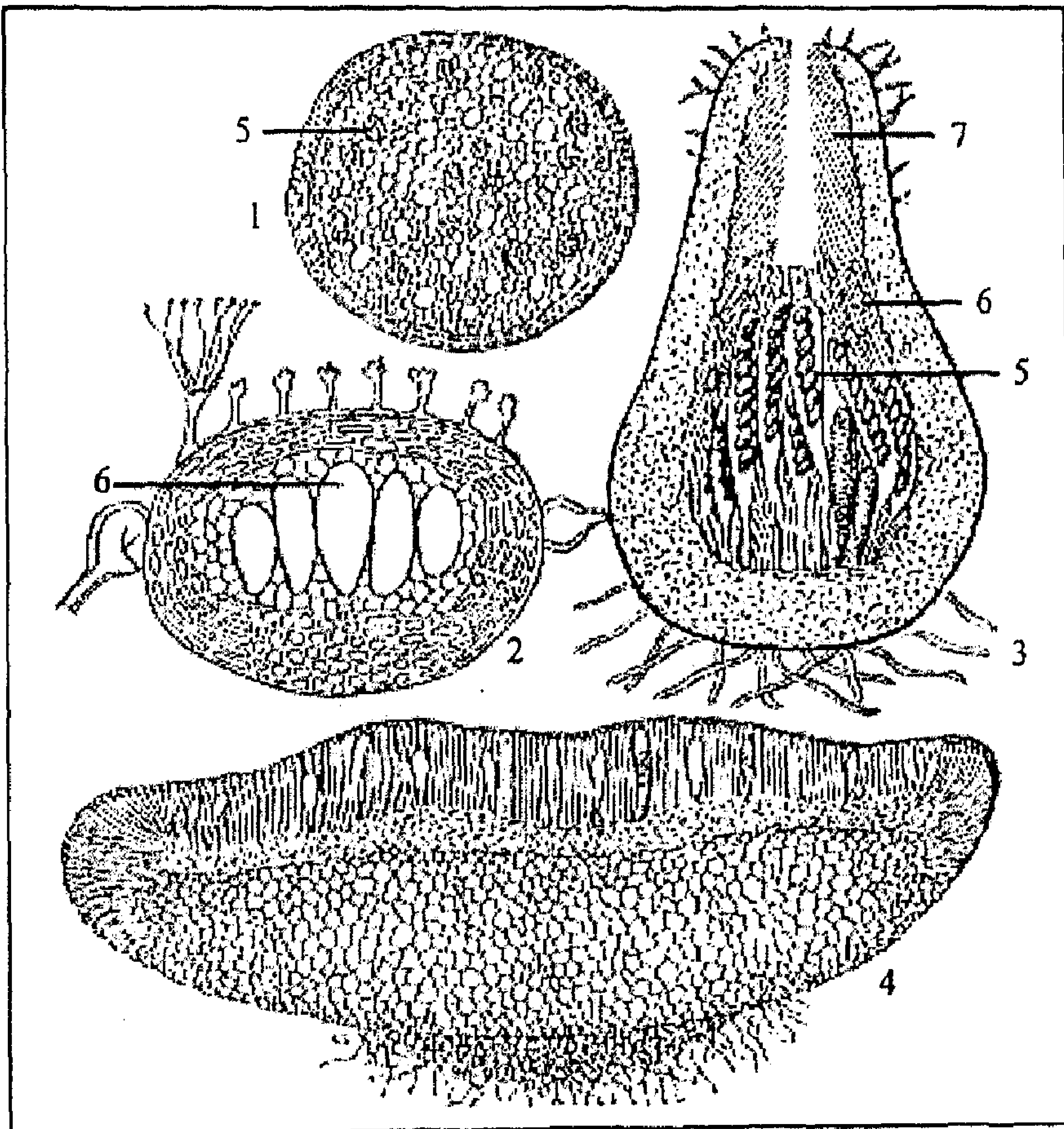
قد "تنبت" الأجسام الحجرية لتعطي ميسليوم أو كونيديات أو ثمرة أسكية أو بازيدية. ويبدوا أن نظام الإنبات في بعض الحالات هو دالة للكتلة. فالأجسام الحجرية الصغيرة للفطر *Coprinus cinereus* تنبت لتعطي ميسليوم، إلا أن الأجسام الحجرية الأكبر تنبت لتعطي جراثيم وأجسام ثمرية.

## ١-١١ الثمار الأسكية

## Ascomata

تعرف في الأسكيات ثلاثة أنواع من الثمار الأسكية: الثمار المقفلة Cleistothcium، والدورقية ذات الفتحة القمية Perithecium واللتان قد تتكونا داخل حشية Stroma أو يظهران بصورة حرة على الطبقة التحتية، ثم الثمار الكأسية Apothecium التي تحمل الزقاق والخيوط العقيمة Paraphyces على السطح العلوي العرضي.

وتحت ظروف بيئية خاصة، تبدأ بدايات الثمار إما من هيفا جسمية وحيدة الأنوية في حشية سالفة الوجود وذلك قبل تكوين منشأ الثمرة Archicarp. والمنشى إما أن يكون خلية أو هيفا أو هيفا حلزونية وهو ما سوف يصبح الثمرة الأسكية أو جزء منها. أو في غياب الحشية من خلايا المنشئ.




شكل رقم (٤٤): الأجسام الثمرية للفطريات الأسكية.
1و2 جسم ثمري مقفل، 3 جسم ثمري دورقي، 4 جسم ثمري طبقي،
5 أكياس أسكية، 6 خيوط عقيمة، 7 خيوط عقيمة علوية.

## ١-١٢ الثمـــار البازيديـــــة

## Basidiomata

تبدأ منشـآت الثمـار البازيديـة في التكـوين، عنـدما تتـوافر ظـروف داخليـة وخارجيـة "متسقة معاً". وذلك أن مرحلة خاصة للنمو الخضري قد تكون لازمة قبل أن يصل الميسليوم لدرجة التكاثف لبدأ تكوين هذه الثمار. ويعمل الضوء والظروف الغذائية وتركيز ثنائي أكسيد الكربـون علـى تحفيـز تكـوين الثمـار، ويعتقـد أن التغـييرات الـتي تطـرأ علـى الـروابط الهيدروجينيـــة الضـــعيفة في سلاســـل الجلوكـــان وإعـــادة ترتيـــب سلاســـل الـ Glucosaminoglycan تحت تأثير العوامل المحفزة هو العامل المحفز لتكـوين الثمـار. ولا يحدث مثل هذا التأثير في الميسـليوم المطمـور في الطبقـة التحتيـة، حيـث تكـون الـروابط الهيدروجينية في هـذا الميسـليوم قويـة إلى حـد مـا. وسـوف نناقش تكـوين الثمـار الأسـكية والبازيدية فيما بعد.

### مراجع للاستزادة


- Moor, D. (1994). Tissue formation in the growing fungus. Edited by Neil A.R. Gou and Geoffreey M. Gadd. Published by Chapman x Hall, London. Pp 421-465.
- Ainsworth, A.M. and Rayner, A.D.M. (1990). Aerial mycelial transfer by hymenochaeta corrugate between stems of hazel and other trees. Mycological Research, 92, 263-6.
- Boddy, L. (1992). Saprotrophic cord forming fungi warfare strategies and other ecological aspects, Mycological Research, 97, 641-55.
- Chet, I. and Henis, Y. (1975). Sclerotiol morphogenesis in fungi. Annual Review of Phytopathology, 13, 169-92.
- Coley - Smith, J. R and Cooke, R.C. (1971). Survival and germination of fungal sclerotia. Annual Review of Phytopathology, 9, 65-92.

## ١-١٣ التغذيـــة

## Nutrition

من المسلم به، أن الفطريات تتواجد أساساً في الطبيعة، وهي لكي تستطيع الحياة، فعليها أن تحصل على غذائها من المصادر الكربونية والنيتروجينية المتاحة في الوسط. ولقد طورت الفطريات -عبر ملايين السنين- من الطرائق التي يمكنها بها الحصول على الغذاء اللازم لها.

لما كانت الطبيعة تعج بالكائنات الحية -بقايا ونفايات هذه الكائنات- لذلك، فإن الفطريات عبر مساراتها التطورية قد سارت في عدة اتجاهات تطورية مختلفة، تتعلق أساساً بإمكانية استخدام ما هو متاح في البيئة من أجل الحصول على غذائها. ويمكن تقسيم الفطريات إجمالاً إلى ثمانية أقسام تبعاً لكيفية حصولها على الغذاء:

أ- المغتذيات الحياتية الإجبارية Obligate biotrophs (OB) وهي الفطريات التي لا تستطيع أن تحصل على غذائها إلا من كائن حي (خلية حية)، وليس لها أية مقدرة ترممية، فهي لا تعيش إلا على الخلايا الحية فقط وتنتهي حياتها بموتها.

ب- المغتذيات شبه الحياتية Hemibiotrophs (HB) وهي فطريات تبدأ حياتها كمغتذيات حياتية، ويؤدي تطفلها لموت النسج الحية، فتعيش وتتغذى على النسيج الميت، فتصبح معيشتها إماتية Necrotrophic، والمقدرة الترممية لها (أي المعيشة على بقايا المادة المتحللة العضوية)، فهي تشبه الفطريات الإماتية الإجبارية.

ج- المغتذيات إختيارية الترمم شبه الحياتية Facultatively saprophic hemibiotrophs (FSH) وهي فطريات تبدأ حياتها

كمتطفلات حياتية، يؤدي تطفلها لموت النسيج المصاب، فتعيش على الأجزاء الميتة، وإذا ما تحللت هذه الأجزاء الميتة بفعل مختلف عوامل التحلل فهي تعيش على البقايا المتحللة.

د- المغتذيات الإماتية الإجبارية Obligate necrotrophs (ON) وهي فطريات تعيش عادة على الأجزاء الميتة من العائل، ذات مقدرة ترممية محدودة، وتقتصر معيشتها على الأجزاء الميتة من العائل.

هـ- المغتذيات الإماتية اختيارياً المترممة Facultatively necrotrophic saprotrophs (FNS) وهي فطريات رمية المعيشة، إلا أنها تستطيع المعيشة على الأجزاء الميتة من العائل.

و- المغتذيات المترممة إجبارياً Obligate biotrophic saprotrophs (FBS) وهي فطريات رمية تعيش على المادة العضوية، إلا أنها قد تصبح ذات مقدرة ترممية.

من أهم المتطلبات الغذائية للفطريات هي المصدر الكربوني العضوي والنيتروجيني (معدني أو عضوي) والعناصر المعدنية اللازمة لإتمام مساراتها الحيوية.

## ١-١٣-١ التغذية الكربونية
## Carbon nutrition

تعتبر السكريات البسيطة من أفضل مصادر التغذية الكربونية، حيث تستطيع غالبية الفطريات امتصاصها بسهولة وإدخالها مباشرة إلى المسارات التنفسية لها. ويعد الجلوكوز والفركتوز والمانوز والجلكتوز وغيرهم من السكريات سداسية الكربون البسيطة، وكذا الزيلوز من أفضل المصادر الكربونية لكل الفطريات، باستثناء الفطريات البيضية. وتوجد هذه

السكريات في النباتات الحية والميتة والميكروبات الحية والميتة.

السكريات الثنائية مثل السكروز والمالتوز وغيرها من عديدات التسكر السداسية من المصادر الجيدة لكثير من الفطريات، إلا أن كثير من الفطريات الكيتريدية وبعض الفطريات الزيجية والأسكية لا تستطيع تمثيل السكروز.

تُعد الأحماض العضوية محدودة الفائدة، ولا تستطيع إلا بعض الفطريات المتخصصة الحصول على الكربون منها. كما تستطيع بعض الفطريات الكيتريدية (رتبة بلاستوكلاديات) والبيضية (رتبة اللبتوميتالات) استخدام الأحماض الدهنية كمصدر جيد للكربون.

ونظراً لسرعة استنفاذ المواد الكربونية السابقة من مصادرها بالإضافة لقلتها النسبية، فإن الفطريات تلجأ إلى تحليل المعقدات التركيبية أو التخزينية. ويعتبر النشا والإنيولين الذان يوجدا كمادة مخزنة بالأنسجة النباتية والجليكوجين في الأنسجة الحيوانية وبعض الخلايا الميكروبية من المصادر الجيدة التي يستطيع مجال واسع من الفطريات تمثيلها. والمعقدات التركيبية مثل هيمسليولوز والبكتين والدهون (الزيوت والدهون) والبروتين (غير الكيراتيني) تُعد من المصادر الجيدة لكثير من الفطريات، كما أنها تستطيع تحليلها بسهولة والنمو عليها جيداً.

أما المعقدات مثل السليولوز والكيوتين واللجنين والسوبرين والشيتين والكيراتين والشموع وغيرها من الكربون المهدرج (مثل الزيت، البيتومين، الكيروسين، والمشتقات البترولية) فإنها تُعد مصادر صعبة التمثيل ولا تستطيع إلا فطريات متخصصة استخدام أي منها كمصدر أساسي للتغذية الكربونية.

## ١ـ١٣ـ١ـ١ تحليل النشا

## Hydrolysis of starch

النشا هو الغذاء الأساسي المخزون في النباتات. ويتركب النشا كيماوياً من مبلمرين للجلوكوز هما الأميلوز والأميلوبكتين. ويتواجد كلاً منهما بنسب متفاوتة طبقاً لنوع النباتات، إلا أنه عادة ما يكون الأميلوبكتين هو الأكثر كماً ويمثل حوالي ٧٥–٨٥٪ من النشا الكلي.

يتركب كلا المبلمرين من سلسلة من الجلوكوز المتحدة معاً بروابط ألفا (١←٤). ويرجع الخلاف الأساسي بين المبلمرين في أن الأميلوبكتين شديد التفرع ويحمل سلاسل جانبية ترتبط مع السلسلة الرئيسية عن طريق رابطة ألفا (١←٦).

يعد إنزيم ألفا – أميلاز Alpha - amylase هو الإنزيم المحلل للنشا الأكثر إنتاجاً بواسطة الفطريات. كما تنتج كثير من الفطريات إنزيم أميلوجلوكوسيداز Amyloglucosidase (جلوكو أميلاز)، ويبدو أن الإنزيم الأخير لا تنتجه إلا الفطريات.

يعمل إنزيم ألفا – أميلاز على كلاً من الأميلوز والأميلوبكتين فيؤدي إلى إنتاج المالتوز وعديدات التسكر ولا يستطيع تحليل الرابطة ألفا (١←٦). ويعمل الإنزيم الثاني على تفكيك الروابط ألفا (١←٤) وألفا (١←٦). بذلك يعطي الجلوكوز. أما سكر المالتوز الناتج من عمل الإنزيم الأول فيتم تحليله بواسطة إنزيم ألفا – جلوكوسيداز α-glucosidase.

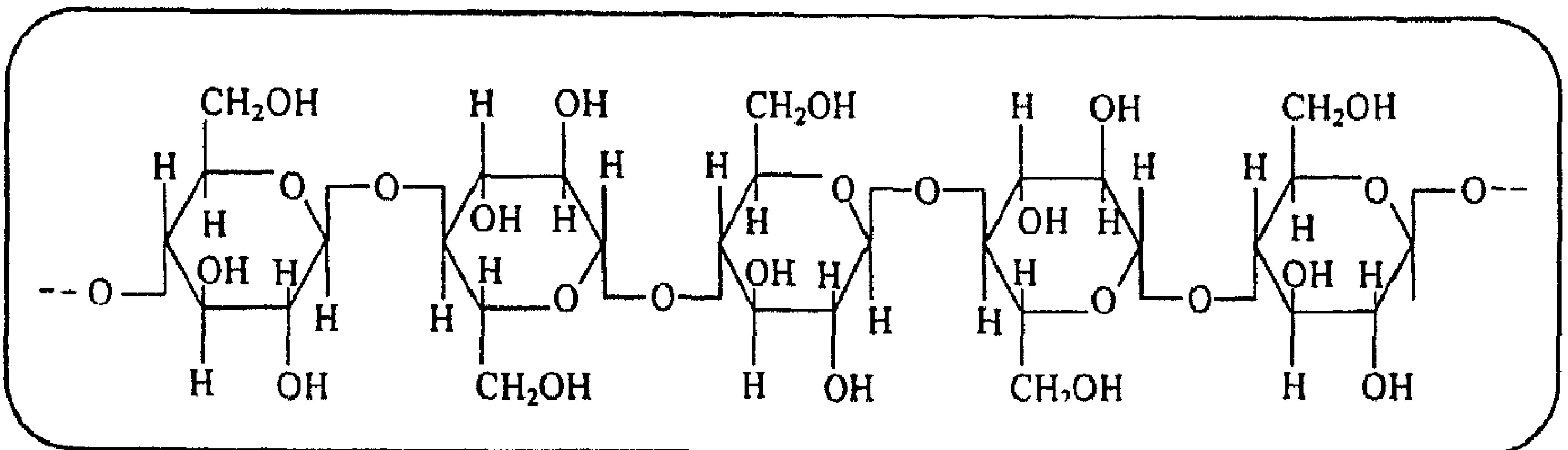
## ١ـ١٣ـ١ـ٢ تحليل السليولوز

## Hydrolysis of cellulose

السليولوز هو أكثر المبلمرات السكرية انتشاراً في الطبيعة، فهو المركب الغالب في قش النباتات والمكون الأساسي لجدر الخلايا النباتية، ويمثل ٣٠–٤٠٪ من الوزن الجاف للخشب.

السليولوز هو سلسلة خطية من روابط الجلوكان بيتا (١←٤). وتحوي السلسلة الواحدة قرابة ١٠,٠٠٠ وحدة جلوكوز، وترتبط السلاسل مع بعضها لتعطي اللويفات Microfibrils. تمتد حزم هذه اللويفات في هلام Matrix الجدار الخلوي فتعمل على تدعيمه. تتركب كل لويفة من ٤٠-١٠٠ سلسلة جلوكان، تتلاحم معاً بروابط هيدروجينية بين مجاميع الهيدروكسيل المتجاورة.

ترتبط وحدات اللويفات الصغيرة لتعطي السليولوز ذو الخواص البلورية. ويعتبر هذا السليولوز هو الأكثر مقاومة للتحلل الإنزيمي، وقد يعود ذلك للإلتحام الشديد بين الجزيئات والتي تُعيق اختراق الإنزيم الميكروبي لها (شكل رقم ٤٥).




شكل رقم (٤٥):

تركيب السليولوز يوضح روابط بيتا (١←٤) جلوكان.

وتحدث عملية تحليل السليولوز Cellulolysis بواسطة معقد إنزيمي يسمى السليولاز Cellulase والذي يتركب من عدد من الإنزيمات بيتا (١←٤) Exoglycanase، وبعضها يعتبر محلل داخلي Endohydrolyse الذي يحطم الروابط الداخلية في السلسلة، فيعطي الجلوكوز والسيلّوبيوز ومبلمرات ذات وزن جزيئي مرتفع. أما غيرها من المحللات الخارجية Exohydrolases أو ما يسمى بيتا (١←٤) سيللوبيوهيدرولازيز β (1→ 4) cellobiohydrolases والتي لا تعمل إلا على النهايات الطرفية، فتؤدي إلى

إطلاق السكر الثنائي السيللوبيوز. وتعمل إنزيمات جليكوهيدرولازيز Glycohydrolases على فصل وحدات مفردة من الجلوكوز من سلاسل الجلوكان وهي جزء من معقد السليولاز لبعض الكائنات الحية الدقيقة. ويعتقد أن إنزيم بيتا (١←٤) جلوكان إندوهيدرولاز β (1→ 4) glucan endohydrolase وإنزيم بيتا (١←٤) جلوكان سيلوبيوهيدرولاز β (1→ 4) glucan cellobiohydrolases هما مرادفين $C_1$ و $C_x$. وكلا من هذين المكونين لازمين للتحليل السريع للسليولوز ذو التركيب البلوري العالي. وكثير من الفطريات لا تعطي $C_1$، لذلك، فإنها تستطيع التحليل السريع للسليولوز الأمورفي (اللابللوري) وكذلك تحليل مادة كربوكس مثيل سليولوز، إلا أنها تكون ذات تأثير ضعيف على السليولوز البلوري لألياف القطن.

وتدل بعض الأدلة على أن المكون $C_1$ قد لا يكون هو إنزيم سيللوبيوهيدرولاز Cellobiohydrolase. أما المكون الذي يطلق عليه $C_1$ فهو ليس محللاً للجلوكان خارجياً وداخلياً وأن كلاً من إندوجلوكاناز Endoglucanase وسيللوبيوهيدرولاز Cellobiohydrolase هما جزء من معقد Cx. ويعتقد أن وظيفة $C_1$ هي فصل جزيئات السليولوز الموجودة على سطوح اللويفات فتسمح بذلك بعمل Cx.

وإنزيمات بيتا (١←٤) جلوكاناز β (1→ 4) glucanases هي جليكوبروتينات ثابتة حرارياً، وقد توجد في عدة صور. ويتفكك المعقد الإنزيمي المنتج من الفطر *Sporotrichum pulverulentum* إلى خمسة إنزيمات بيتا (١←٤) أندوجلوكانيزاز ذات أوزان جزيئية مختلفة ولكل منها درجة حموضة مثلى. أما الفطر *Trichoderma viride* فينتج أربعة إنزيمات β (1→ 4) cellobiohydrolases . ويعتقد أن هذا التعدد الشكلي لإنزيمات Cellobiohydrolases متمم لبعضه، ذلك أن لكل منها نظام فراغي خاص به.

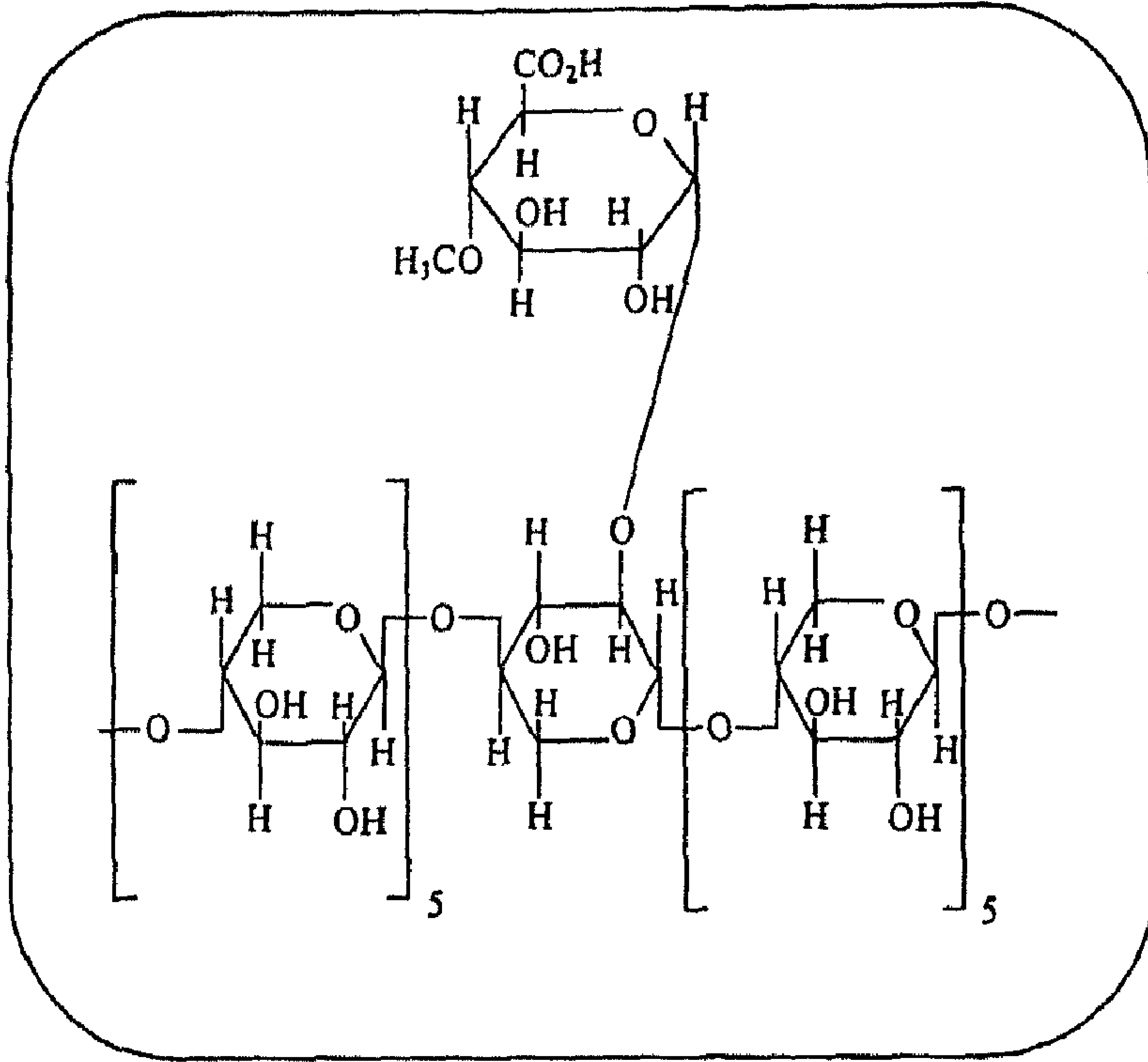
وفي الظروف الطبيعية، فإن إنزيم β (1→ 4) glucan cellobiohydrolases المنتج بواسطة أحد الفطريات قد يعمل مع إنزيم β (1→ 4) glucan endohydrolase المنتج من فطر آخر.

## ١-١٣-١-٣ تحليل الهيميسليولوز

## Hydrolysis of hemicellulose

يعتبر الهيميسليولوز هي الجزء المكمل لجدر الخلية النباتية. وفي النباتات العشبية يمثل ٢٥٪ من إجمالي المادة الجافة، وفي النباتات الخشبية قد يصل هذا الرقم إلى ٤٠٪ . وتوجد غالبية هذا المعقد في مغطاة البذور Angiosperm بالمقارنة بمعرات البذور Gymnosperms، كما أن نوعية هذا المعقد تختلف في كل منهما اختلافاً بيناً.

الهيميسليولوز سلاسل من السكريات غير ليفية التعضي، وترتبط مع لويفات السليولوز بروابط هيدروجينية ضعيفة. وتعد معقدات غير متجانسة، خليط من سكريات خماسية الكربون وسداسية الكربون، مثل الزيلوز Xylose والأرابينوز Arabinose والجلوكوز Glucose والجلاكتوز Galactose والمانوز Mannose مع أحماض يورينية Uronic acides. وأهم المعقدات الشائعة في النباتات هي جلوكومانان Glucomannan والجلاكتوجلوكومانان Galactoglucomannan والأرابينو -جلوكورونو- زيلان Arabinogluouronoxylan جلوكويورونوزيلان Glucuronoxylan (شكل رقم ٤٦).




شكل رقم (٤٦): تركيب مثيل – جلوكونوزيلان (أحد معقدات هيميسليولوز).

والفطريات المحللة للأخشاب من بازيدية وأسكية تعمل على تحليل مجالاً واسعاً من معقدات الهيميسليولوز، وتعطي هذه الفطريات إنزيمات زيلاناز Xylanases ومانناناز Mannase وغيرها من إنزيمات جليكاناز Glycanase. تعمل هذه الإنزيمات على الهيميسليولوز بطريقة تشابهه لحد كبير عملية تحليل السليولوز، إلا أنه نظراً للتباين الكبير لمعقدات الهيميسليولوز، فإن الأمر يتطلب المزيد من الإنزيمات المحللة. وهذه الإنزيمات إما محللات خارجية Exohydrolases وتعمل على إطلاق أجزاء ذات وزن جزيئي منخفض من أطراف السلاسل الطويلة والأخرى المحللات الداخلية Endohydrolases وتعطي أجزاء ذات أوزان جزيئية عالية وأخرى منخفضة وذلك عن طريق فصل الروابط عشوائياً.

يتركب معقد الزيلاناز Xylanase من أربعة محللات داخلية، اثنان منهـا قـادرة علـى مهاجمة نقاط التفرعات، والأخريان يختزلا حجم السلسـلة الرئيسـية. وتحتـاج السـكريات الثنائية المنطلقة لإنزيمات نوعية متخصصـة. فإنزيم الزيلوسـيداز Xylosidase يعمـل علـى تحليل السكر الثنائي Xylobiose إلى زيلوز Xylose.

وأثناء عملية تحليل المواد المختلطة في المزارع الغذائيـة، وجـد أن الفطـر يعمـد لإنتـاج إنزيمات Hemicellulase بمعدل أسرع من إنتاجه لإنزيمات Cellulase. ويفسر هـذا الأمـر بحاجة الفطر لإزالة الهيميسليولوز المحيط بالسليولوز حيث يعيق تحليله. كما وجد في حالة بعض البازيديوميسيتات، أن الأمر يتطلب الإمداد بسـكريات ناتجـة مـن تحليـل السـليولوز حتى يتمكن الفطر من القيام بالخطوة الأولى لهدم اللجنين.

## ١-١٣-٢ تحليـــل البكتيـــن

## Pectin hydrolysis

إذا ما زرع فطر ما على جدر خلوية مفصولة، فإن أول ما يظهر في الوسـط الغـذائي هـو الإنزيمات المحللة للبكتين، يعقبها الإنزيمات المحللة للهيميسليولوز ثم المحللة للسـليولوز. وتعمل السكريات البسيطة الناتجة عن التحليل على تنشـيط إنتـاج إنزيمـات البكتينـاز عـن طريق ما يسمى بالتنشيط الذاتي Autocatalytic induction كما يؤدي التركيـز العـالي مـن هذه السكريات إلى تعطيل عملية إنتاج الإنزيمات.

تتركـب المعقـدات البكتينيـة أساسـاً مـن بلمـرة جلاكتيوروبيرانـوز عـن طريـق الرابطـة ألفا (١←٤) $\alpha(1\rightarrow 4)$ linked galacturopyranose والذي قد يكون مؤيثل Methylates في مجموعـة الكربوكسـيل، وقـد يتـداخل مـع السلسـلة روابـط ألفـا (١←٢) لسـكر الرامنـور $\alpha(1\rightarrow 2)$ linked rhamnose معطيـاً مـا يسـمى بمعقـد رامنوجلاكتيـوران

Rhamnogalacturan مع بقايا يوروينيدية Uronide residues مؤستلة Acetylated على ذرة الكربون رقم ٢ و/أو ٣. وقد يحوى البكتين معقدات ألفا (١←٣) وألفا (١←٥) لسكر أرابينوفيورانوز Arabinofuranose (معقد الأربان) ومعقد ١←٤ جلاكتوبيرانوز Galactopyranose (الجلاكتان) والتي ترتبط تساهمياً مع الرامنوجلاكتيوران. وعلى ذلك، فإن آلية تحليل البكتين تتطلب إسهام عدد كبير من الإنزيمات.

يعمل إنزيم بكتين إستراز Pectinestrase (PE) على معقد البكتين في نطاق تركيز هيدروجيني ٤-٧ pH، فيؤدي لإزالة مجموعة ميثوكسيل Methoxyl residues، ويعمل إنزيم بوليميثيل جلاكتيوروناز Polymethylgalacturonase (PMG)، على معقد البكتين، فيقوم بالتحليل المائي لروابط ألفا (١←٤). ولهذا الإنزيم نظامان، داخلي التحليل Endo-PMG فتعمل على الروابط عشوائياً، والآخر طرفي التحليل Exo-PMG والذي يقوم بالتحليل طرفياً.

بالإضافة لهذه الإنزيمات التي تعمل بالتحليل المائي، توجد إنزيمات أخرى تعمل على تحليل الروابط عن طريق تكوين روابط غير مشبعة. منها إنزيم بولي مثيل جلاكتيورونات لياز Polymethylgalacturonate lyase (PMGL) ويعمل على البكتين في نطاق حموضة ٥-٨ pH. ومنه نوعان: عشوائي التحليل Endo-PMGL وطرفي التحليل Exo-PMGL.

يهاجم إنزيم بولي جلاكتيوروناز Polygalacturonase (PG) حمض البكتيك، وله ثلاثة أنواع: عشوائي التحليل Endo-PG ويعمل في نطاق هيدروجيني ٤-٥,٥ pH، والآخران طرفيا التحليل Exo-PG1 و Exo-PG2، ويعملان في نطاقين مختلفين من تركيز أيونات الهيدروجين.

يهاجم إنزيم بولي جلاكتيورونات لياز Polygalacturonatelyase (PGL) حمض

البكتيك في نطاق هيدروجيني ٨-١٠ pH، فيؤدي لإنتاج روابط غير مشبعة. ومنه نوعان: عشوائي التحليل Endo-PGL، والآخر طرفي Exo-PGL.

بالإضافة لهذه الإنزيمات، توجد إنزيمات أخرى تعمل على تحليل المكونات الصغرى Minor components، منها إنزيمات بيتا ١←٤ جلاكتاناز β (1→4) galactanase العشوائي والطرفي التحليل وإنزيم بيتا ١←٤ جلاكتوسيداز β (1→4) galactosidase والذي يعمل على روابط بيتا ١←٤ جلاكتان، وإنزيم Exo-L-arabinofuranosidase الذي يهاجم سلاسل الأرابان.

## ١-١٣-٣ تحليل الشيتين

## Hydrolysis of chitin

الشيتين هو المعقد السكري الأميني (انظر شكل رقم ٢٣) والذي يشابهه في تركيبه ووظيفته السليولوز. يوجد المركب كعامل تقوية وربط بين حلقات الديدان الحلقية، وجدر كثير من الفطريات وحويصلات الأوليات Protozoa، وفي المحاريات Molluscus، كما يوجد بكميات كبيرة في هياكل مفصليات الأرجل. لذلك، فإنه بعد السليولوز هو الأكثر انتشاراً في الطبيعة.

ومن الفطريات عالية الكفاءة في تحليل الشيتين أجناس *Verticillium*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Mortierella*. وبالرغم من عدم تفهم آلية تحليل الشيتين حتى المواد المستخدمة في التنفس Respirable، إلا أنه أثناء عملية التحليل تظهر مركبات ذات وزن جزيئي عال من مركب ثنائي الأستيل شيتوبيوز. لذلك، يفترض أن الخطوة الأولى في التحليل تتضمن التحليل

العشوائي للمبلمر بواسطة إنزيم إندوشيتيناز Endochitinase، ويعمل إنزيم شيتوبياز Chitobiase على تحليل المركب الثنائي الناتج. وقد وجد أن إنزيم Chitinase يتواجد في عدة أشكال، تهاجم الأنواع عالية البلمرة أو الأمورفيه من مادة الشيتين والتي توافق الصور الإنزيمية $C_1$ و $C_X$.

## ١-١٣-٤ تمثيل المعقدات العطرية
## Dissimilation of aromatic polymers

توجد نسبة عالية من الكربون النباتي في صورة معقدات عطرية مثل: التانينات Tannins واللجنين Lignins وغيرهما من المركبات الفينولية. ويمثل اللجنين قرابة ٣٠٪ من المكون الكربوني للنباتات الخشبية. وتستطيع ميكروبات التربة تكسير وأكسدة هذه المركبات تماماً إلى $CO_2$ والماء، وتعتبر الخطوة النهائية للتحليل هي كسر حلقة البنزين لتكوين سلسلة اليفاتية والتي يمكن أن تستهلك في التنفس.

### ١-١٣-٤-١ تحطيم اللجنين
### Degradation of lignin

اللجنين هو معقد متشعب ثلاثي الأبعاد، ينشأ عن طريق أستره كحولات مثل بارا-هيدروكسي-سيناميل p.hydroxycinnamyl والذي يعطي وحدات فنيل-بروبان الأساسية. وتعتبر مشتقات كحولات كونيفيريل Coniferyl والكوماريل Coumoryl وسينابيل Sinapyl هي أكثر المكونات العطرية شيوعاً في اللجنين (شكل رقم ٤٧).

وتؤدي بلمرة هذه المواد لإنتاج معقدات متجانسة أو غير متجانسة، والتي تتفاوت نسبتها باختلاف العائلات النباتية.

ويعتبر اللجنين مقاوم عموماً للتحليل الميكروبي. وتحدث عملية تمثيل اللجنين بواسطة الفطريات عن طريق ثلاث آليات:

(أ) فصل الروابط داخل المعقد.

(أأ) إزالة أو تحوير السلاسل الجانبية على حلقة البنزين.

(أأأ) فتح السلسة الحلقية إنزيمياً لتحويل النواة العطرية لمركبات اليفاتية.

ومن المعتقد أن المرحلة الأولى غير ضرورية. وقد أمكن فصل ١٥ إنزيم تتطلبها عملية الأكسدة الكاملة لمعقد اللجنين (شكل رقم ٤٨).

وباستثناء الفطريات الأسكية والبازيدية المسببة لما يعرف بالعفن الأبيض للخشب، فإن بعض الفطريات تبدوا قادرة على إنتاج كل الإنزيمات اللازمة للتحطيم الكامل لمعقد اللجنين. وبالرغم من أن بعض أنواع *Fusarium* و *Aspergillus* تنموا جيداً على اللجنين الصنعي أو المعدل، إلا أنه من المعتقد أنها لا تستطيع تحليل لجنين النبات الطبيعي.

وباستخدام اللجنين المعلّم كنموذج لدراسة خطوات تحليل اللجنين، وجد أن انشقاق اللجنين يحدث عن طريق إنزيمات ليجنيناز Ligninases (بيروكسيداز Peroxidases) والتي تتعامل مع $H_2O_2$، مؤدية لإطلاق الشوارد الحرة Free radicles وتعمل هذه الشوارد على أكسدة المعقد في روابط معينة، فتعمل على فصل المعقد في عدة مواقع وقد أمكن التعرف على نوعين من الألدهيدات يعملان كشوارد حرة وهما فيراترالدهيد Veratraldehyde وبنزالدهيد Benzaldehyde.

شكل رقم (٤٧): مخطط لتركيب اللجنين.

ترتبط تحت وحدات فنيل بروبان معاً بالروابط الإثيرية وروابط كربون – كربون. ويظهر كحول كونيفريل Coniferyl (رقم ١)، p-coumaryl alcohol (الحلقة رقم٧) وكحول السينابيل Sinapyl alcohol (الحلقة رقم ٦،٥).

Ferulic acid
CH-CHCOOH
OMe
OH

Veratric acid
COOH
OMe
OMe

$+ H_2O$
COOH
OMe
OH
Vanillin

[O]

Vanillic acid
COOH
OMe
OH

[O]

[O]

[O]

*p*-hydroxybenzonic acid
COOH
OH

[O]

COOH
OH
OH
Protocatechuic acid

(a)

(b)

2-hydroxymuconic semialdehyde
COOH
O
H
COOH
OH

[O]

CHO
OH
*p*-hydroxybenzaldehyde

COOH
COOH
COOH
3-carboxy *cis cis*-muconic acid

شكل رقم (٤٨):

التحـولات الإنزيميـة للأحمـاض الفينوليـة والألدهيـدات المكونـة للجـنين ونظـم انشـقاقها عـن طريـق إنـزيم Dioxygenases. (a) عن طريق فتح الحلقة في الوضع ميتا. (b) عن طريق فتح الحلقة في الوضع أرثو.



تحدث التعديلات في مشتقات حلقة البنزين في المعقد، إما قبل أو بعد الانشقاق مؤدية لتكوين عدة أحماض فينولية والدهيدات وكحولات، فتعمل هذه على إذابة المكونات المنشقة. وقد عزلت مركبات فينولية منها حمض الفانيليك Vanillic وفانيلين Vanillin وحمض الفيريوليك Ferulic acid وسيرينج ألدهيد Syringaldehyde من أخشاب متحللة بفعل مهاجمة فطريات الأعفان البيضاء لها. كما تظهر بعض الفينولات ثنائية الهيدروكسيل البسيطة حيث تعمل عليها الإنزيمات الفاتحة للحلقة العطرية Ring-splitting dioxygenases مؤدية لإنتاج مركبات أليفاتية. ووجد أن الكاتيكول Catechol وحمض بروتوكاتويك هما من المركبات اللازمة لنشاط هذه الإنزيمات.

تبدي كثير من الفطريات نشاط تأكسدي للفينول Polyphenol oxidase enzymes والتي تؤدي لإنتاج الفينول الثاني من الأحادي (تفاعل كريزولاز Cresolase) وأكسدة الفينول الثاني أو الثلاثي إلى الكينونات (تفاعل كاتيكولاز Catecholase).

وإنزيمات أكسدة الفينولات هي الاسم الشائع العام لمجموعتين من الإنزيمات المحتواة على النحاس مثل $Cu^{+2}$ tryrosinases و $Cu^{+2}$ laccases. والتي يتواجد كل منها في صور شتى.

## ١-١٣-٥ تحليل البروتينات

## Hydrolysis of proteins

البروتينات هي المكون الأساسي للمركبات المحتواة على النيتروجين في الكائنات الحية. والبروتين الذائب الذي يحوي قرابة ٣٠ حمض أميني أو أقل في السلسلة يمكن أن ينفذ بسهولة عبر جدار الخلية، أما البروتينات غير الذائبة فيجب أن يتم تحليلها قبل أن يمكن للفطريات امتصاصها.

تبدي غالبية الفطريات نشاط تحليلي عالي لأغلب البروتينات. ويعمل إنزيم ببتايد هيدولاز Peptide endohydrolase (بروتيناز) على تكسير الروابط الببتيدية الداخلية، مؤدياً لإطلاق الببتيدات الذائبة، وهذه يمكن أن تمتص في الهيفا ثم تتحلل إلى مكوناتها من الأحماض الأمينية، عن طريق عدد وافر من الإنزيمات المحللة للببتيدات.

وتظهر في المزارع الفطرية، أربعة أقسام من محللات البروتين، يعمل كل في نطاق من تركيز أيونات الهيدروجين pH، وجميعها تغطي مجال من pH (درجة حموضة من ٢ إلى ١٠.

تعتبر الأنسجة الضامّة Connective Tissues من أصعب المصادر النيتروجينية للفطريات وكذا البروتينات التركيبية في الحيوانات، أما البروتينات مثل الكولاجين Collagen والإلاستين Elastin وكيراتين القرون Keratin of horn والفرو Fur والريش Feathers ومادة إسكليروتين Sclerotin المميزة لهياكل مفصليات الأرجل، فهي تتحلل بواسطة الفطريات المفرزة للإنزيمات المتخصصة مثل كولاجيناز Collagenases وكيراتيناز Keratinases وغيرهما. وتعزي مقاومة الكيراتين للتحلل إلى المستوى العالي من الروابط ثنائية الكبريت المتقاطعة، وترجع مقاومة الكولاجين للتركيب الحلزوني عالي التنظيم للجزيء.

تنضوي غالبية الفطريات المحللة للبروتينات الصعبة تحت طائفة الفطريات الأسكية في العائلات Onygenaceae و Gymnoasaceae. وتضم العائلة الأولى أجناس *Aphanoascus* و*Onygena*. والثانية *Arthroderma* (*Trichophyton*) و *Nannizzia* (*Microsporium*). وتنتشر هذه الفطريات في التربة ويمكن عزلها منها بغرس الشعر أو الصوف فيها. وبعض أنواع جنسي *Microsporium* , *Trichophyton* من أخطر ممرضات الإنسان والحيوان مسببة كثيراً من أمراض القراع Ring-worm.

## ١-١٣-٦ التغذيـــة النيتروجينيـــة

## Nitrogen nutrition

تستطيع غالبية الفطريات استخدام النيتروجين من مصادره العديدة. إلا أن الفطريات لا تستطيع استخدام نيتروجين الهواء الجوي. أما مركبات النترات $NO_3$ والنيتريتات $NO_2$ فتستطيع كثير من الفطريات استخدامها واختزالها إلى الأمونيا $NH_4^+$ قبل إدخالها إلى المسارات التحولية.

في البداية يتم اختزال النترات إلى نيتريت في خطوتين إلكترونيتين، ويعمل المركب NADPH كمعطى للإلكترونات، وذلك في وجود إنزيم نيترات ريداكتاز Nitrate redutase ثم تعقبها الخطوة الثانية والتي يحدث فيها اختزال النيتريت إلى أمونيا عبر سلسلة تشمل ٦ إلكترونات والتي يهيمن عليها إنزيم نيتريت ريداكتاز Nitrite reductase. وفي النهاية يدخل أيون الأمونيوم للتحولات الحيوية عبر إتحاده مع حمض ٢-أوكسي جلوتاريك لتكوين حمض الجلوتاميك، أو بإضافة أخرى لحمض الجلوتاميك لتكوين الجلوتامين.

يعمل النترات على استحداث بناء إنزيم Nitrate reductase ويثبط إنتاجه في وجود الأمونيوم، حتى مع توافر النترات في الوسط الغذائي. وفي ظروف نقص النيتروجين يعمل الفطر على تكسير البروتين ويحصل على الأمونيا من الأحماض الأمينية الناتجة.

يفضل الفطر امتصاص الأمونيا ويبادلها بأيون الهيدروجين $H^+$، لذلك يسبب استهلاكها انخفاض رقم pH الوسط. وتمتص النترات بفعل نشاط إنزيم Permease الذي يعمل كناقل للنترات عبر غشاء الهيفا.

## ١-١٣-٧ التغذية الفوسفاتية

## Phosphate nutrition

يستخدم الفطر الفوسفات المتوافر في الوسط الغذائي، حيث سريعاً ما يدخل في المسارات الأيضية مكوناً مركبات عديدة الفوسفات بفعل ATP، وفي وجود إنزيم بوليفوسفات كيناز Polyphosphate kinase. وعند احتياج الفطر إلى الفوسفات يتم تحليل عديد الفوسفات بفعل عدة إنزيمات. فيعمل إنزيم إكسوبوليفوسفاتاز Exopolyphosphatase على نزع مجموعة فوسفات واحدة من عديد الفوسفات. أما إنزيم إندوبوليفوسفاتاز، فيؤدي نشاطه للتكسير العشوائي للمعقد. كما يعمل إنزيم بوليفوسفات جلوكوكيناز على إضافة مجموعة فوسفات لسكر الجلوكوز خصماً من عديد الفوسفات. وفي الأخير يعمل إنزيم الأسيدفوسفاتاز Acid phosphatase الغير متخصص على فصل مجموعة فوسفات واحدة من عديد الفوسفات.

## ١-١٣-٨ التغذية الكبريتية

## Sulpher nutrition

يستخدم الفطر الكبريت في صورة الكبريتات، حيث يتم تنشيطه في وجود ATP فيتكون المركب أدينوزين فوسفوسلفات Adenosine phosphosulphate (APS)، ثم يتم فسفرة APS مع اختزال الكبريتات إلى كبريتيت Sulphite ثم كبريتيد Sulphide في سلسلة متعاقبة من التحولات وهو لا يزال متصل بالبروتين. يرتبط بعد ذلك الكبريت المختزل مع الحمض الأميني سيرين ليعطي الحمض الأميني سيستين Cysteine أو يتحول إلى O-acetyl homocysteine ليعطي الميثونين، ومنه يدخل الكبريت في مختلف المسارات التحولية.

## ١-١٣-٩ التغذية المعدنية

## Mineral nutrition

تحتاج الفطريات –شأنها شأن كل الكائنات الحية– للإمداد بالعناصر مثل الحديد والنحاس والمنجنيز والزنك والموليبدينوم. والتي تلعب دورها الحيوي كمرافقات للإنزيمات وعلى الأخص فيما يتعلق بالنقل الإلكتروني. وعادة تحتاج الفطريات لهذه المواد بتركيزات تتراوح من $١٠^{-٦}$ مول إلى $١٠^{-٩}$ مول لكل من الحديد والموليبديوم على الترتيب.

تعمل الكثير من الفطريات على إنتاج مواد مخلبية يطلق عليها Siderphores (شكل رقم ٤٩) (من اليونانية: ناقلات الأيونات، ومن اللاتينية: المركبات النجمية) وتفرز مثل هذه المواد في الأوساط الغذائية، حيث تتحد مع الحديد مثلاً وتعمل على نقله عبر الغشاء. كما أن الحديد يتم تخزينه في السيتوبلازم في صورة متحدة مع المادة المخلبية.

شكل رقم (٤٩): الناقلات الخلبية Siderophores

(A) مادة الكوبروجين Coprogen المفرز من الفطر *Neurospora crassa* وبعض أنواع جنس *Peniciilium* وينشأ المركب من عملية هيدركسلة hydroxylation وأستلة Acetylation لثلاثة جزيئات للحمض الأميني ل-أورنيثين والمركب واسع الانتشار في الفطريات الأسكية والبازيدية.

(B) الناقل الخلبي رايزوفيرين Rhizoferrin، المنتج من الفطر *Rhizopus microsporus* وغيره من أفراد رتبة الميكورات Mucorales. يتركب من جزئين لحمض الستريك مرتبطة بروابط أميدية لجزيئي البتريسين Putrescine.*

* انظر The Fungi: قائمة المراجع

## ١-١٤ امتصاص المغذيات

## Transport of neutrients

تحاط الهيفا الفطرية -كما سبق القول- بجدار الهيفا الذي يحيط بها إحاطة كاملة، ثم الغشاء البلازمي (البلازموليما). والفطر كما هو معروف يتغذى أساساً بالامتصاص Absorption. وعلى ذلك، فإن مختلف الذائبات في الوسط الغذائي تنفذ عبر الجدار ثم تنتقل عبر الغشاء حتى تصل لمواقع العمليات الحيوية المختلفة في السيتوبلازم.

ولفهم آلية الامتصاص، أُستخدمت بعض الفطريات كنماذج لهذه الدراسات منها: *Neurospora crassa, Saccharomyces cerevisiae, Penicillium chrysogenum, Aspergillus nidulans*.

أكدت الدراسات المختلفة على وجود ثلاثة نظم للانتقال عبر البلازموليما وهي:

- الانتشار السلس (السالب) Passive diffusion (شكل رقم ٥٠).
- الانتشار الميسر Facilitated diffusion (شكل رقم ٥١و٥٢).
- الانتشار النشط Active diffusion (شكل رقم ٥٣و٥٤و٥٥).

والانتشار السلس للذائبات، يحدث على جانبي الغشاء، كاستجابة لاختلاف التركيز داخل وخارج الخلية. وفي هذه الحالة، فإن معدلات الانتشار تكون بطيئة لحد ما، وذلك بسبب التأثير الطارد لدهون الغشاء. ويستمر الامتصاص طالما أن التحولات الحيوية تؤدي لاستهلاك هذه المواد.

يحدث الانتقال الأسرع عن طريق الانتشار الميسر، وفي هذه الحالة توجد بروتينات حاملة متخصصة للمواد الغذائية Carriers or Permeases تعمل على حمل الذائبات من خارج الخلية لداخلها.

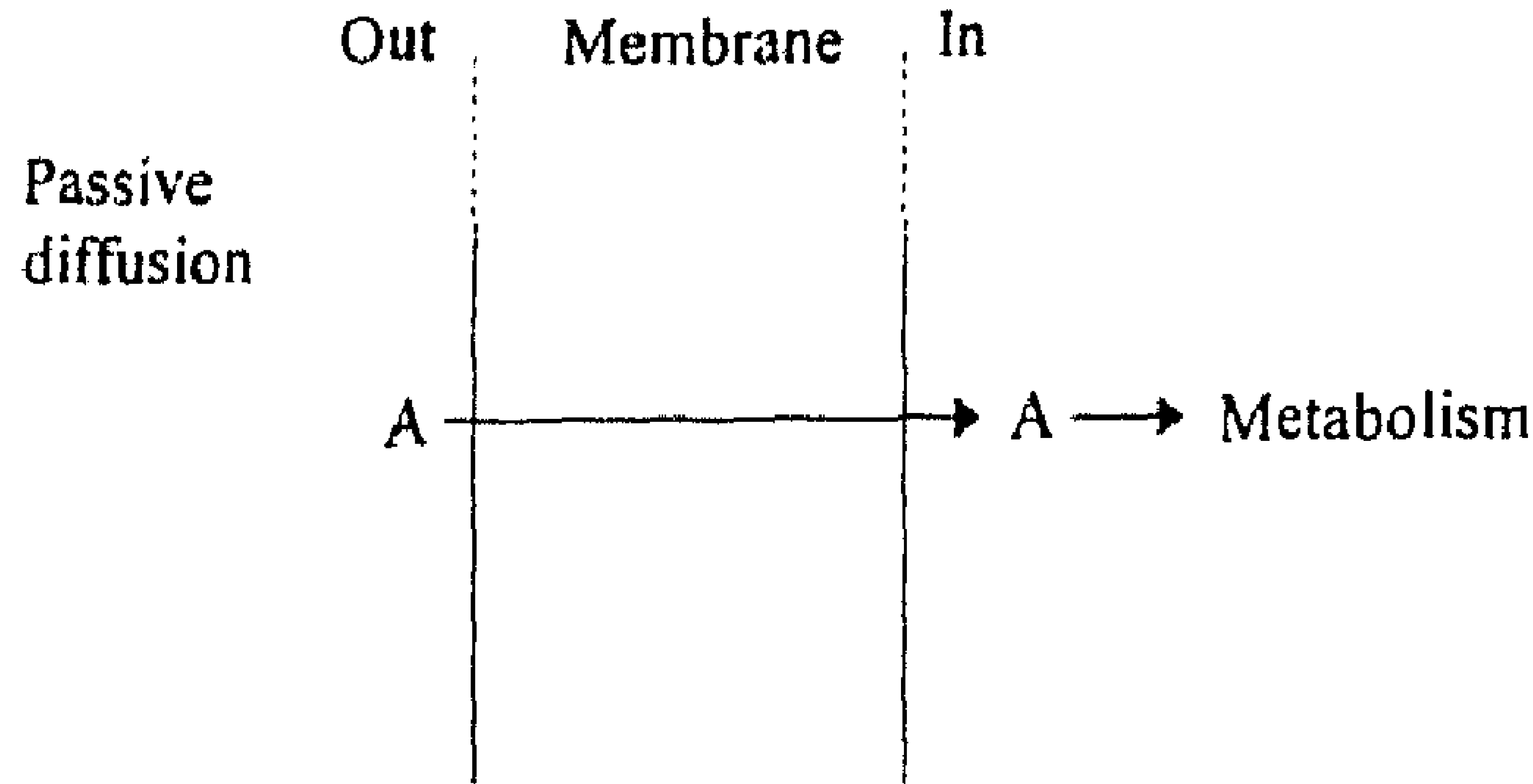
الانتشار النشط يتطلب استهلاك طاقة، والتي تسرع من معدلات الانتقال، كما أنها

تلعب الدور الأساسي لانتقال الذائبات عكس التركيز (أي من التركيز المنخفض إلى المرتفع)، إما عن طريق التزاوج المباشر أو الغير مباشر.

في التزاوج المباشر، تعمل جزيئات ATP أو عديد الفوسفات في حالة السكريات. على فسفرة إما الحامل أو المذاب. أما التزاوج الغير مباشر، فإن جزيئات ATP تعمل على تشغيل ما يسمى بالمضخة البروتونية Proton Pump، وهي تعمل على إخراج $H^+$ من السيتوبلازم إلى الوسط المحيط، فيؤدي ذلك لنشوء ما يسمى بالتدرج الكيموالكتروني Electrochemical gradient، الذي يسمح بامتصاص الذائبات عن طريق التبادل البروتوني مع الحامل.

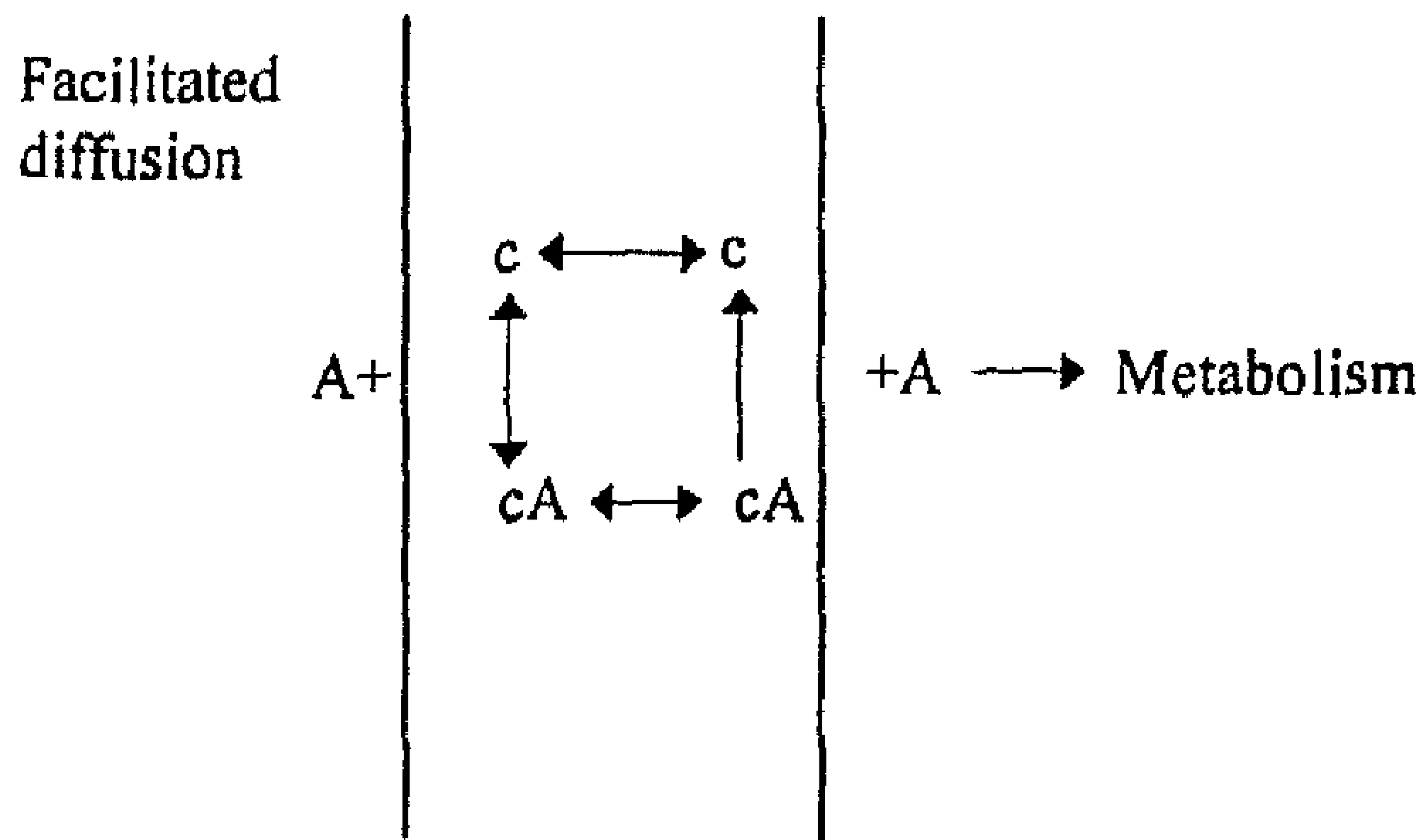
تبدي البروتينات الحاملة آلية تشبعية Saturation kinetics في التراكيز المختلفة للمغذيات، كما أنها تتأثر بالمثبطات المتخصصة، وقد تتأثر هذه الآلية بالتنافس على مراكز الارتباط، ولكل نظام حمل خواص محددة.





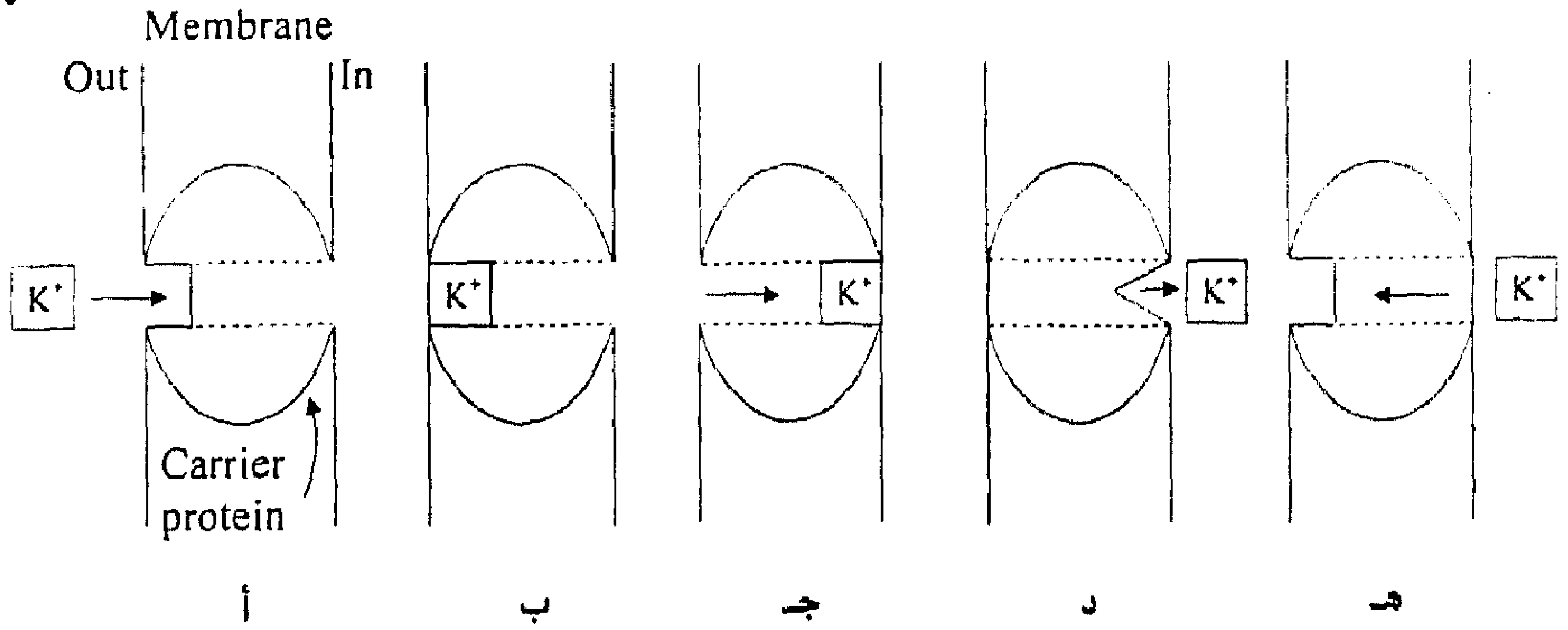

شكل رقم (٥٠): الانتشار السلس (السالب) Passive diffusion

حيث تنفذ المادة الذائبة (A) عبر غشاء الخلية إلى التحولات الحيوية، وهو يحدث في كلا الاتجاهين، ويتوقف ذلك على التركيز على جانبي الغشاء (خارج وداخل الخلية). ويسود الانتشار إلى الداخل طالما أن المادة الغذائية تدخل إلى المسارات التحولية مباشرة.

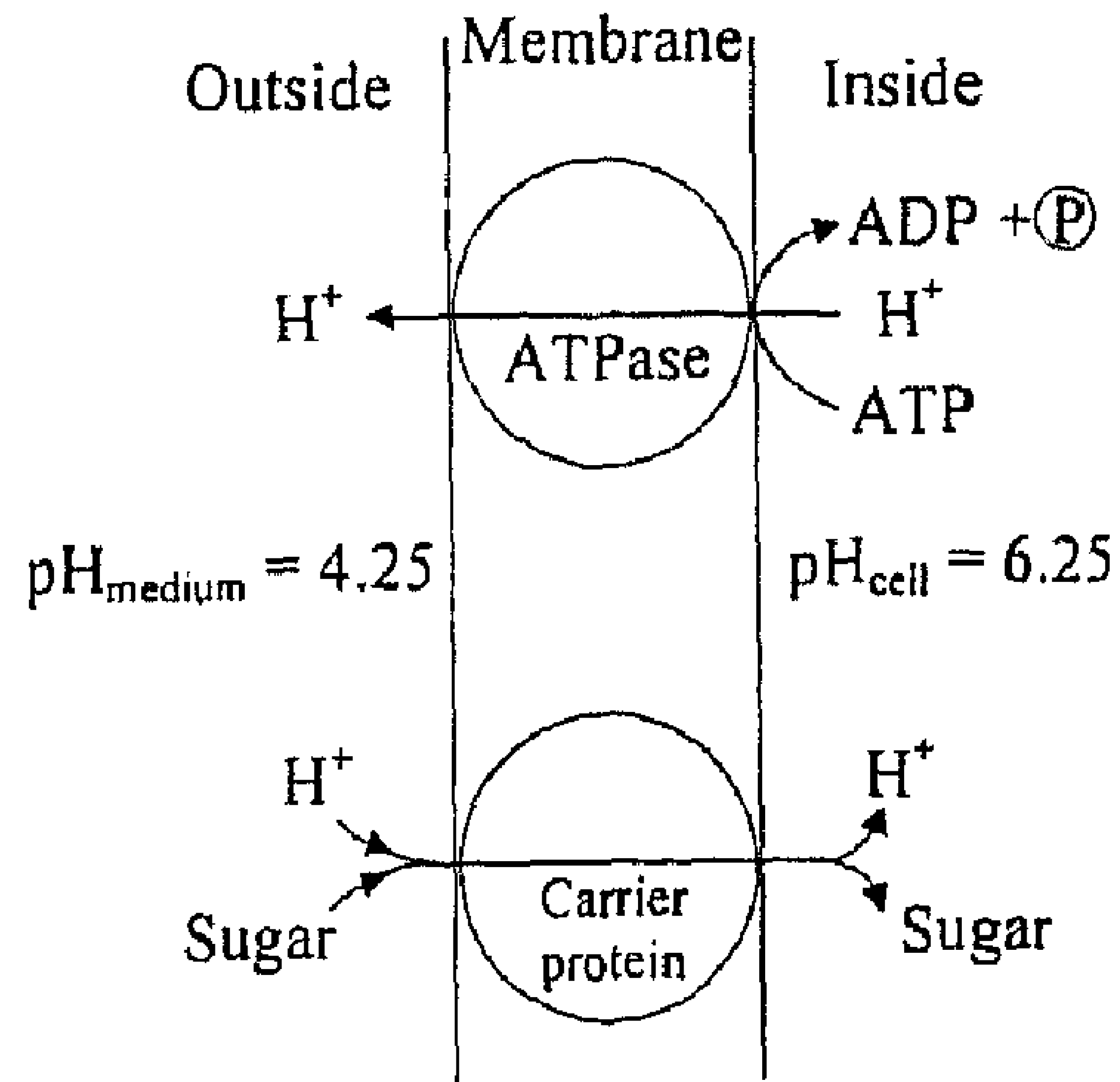



شكل رقم (٥١): الانتشار الميسر Facilitated diffusion

وهو يحدث كذلك إلى أو من الخلية. تتحد المادة A مع الحامل المتخصص c فيتكون المعقد cA والذي ينفذ عبر الغشاء للداخل. على السطح الداخلي للغشاء يتفكك المعقد، ويعود الحامل لحالته الأولى وتتجه المادة إلى السيتوبلازم حيث تشترك في العمليات الحيوية.




شكل رقم (٥٢): نموذج للانتقال الميسر Facilitated diffusion لأيونات البوتاسيوم $K^+$ عبر البروتين الحامل.

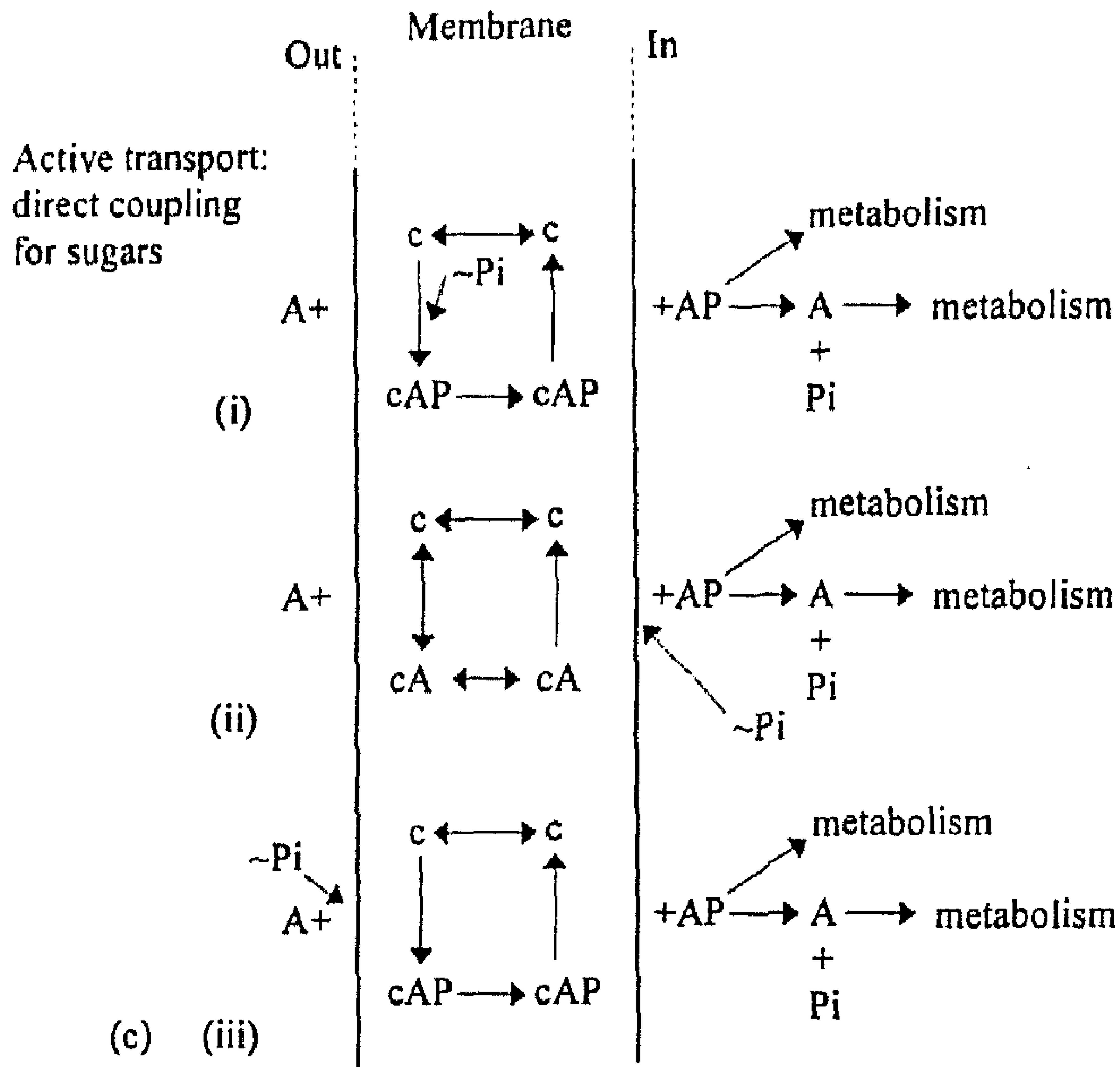



شكل رقم (٥٣):

الانتقال النشط عبر التدرج البروتوني الناشئ عن ATP. وفيه يفترض أن إنزيم ATPase يعمل على تفكك جزء ATP إلى ADP +Ⓟ فيؤدي لإطلاق طاقة تعمل على نقل البروتون من داخل الخلية عبر الغشاء الخارجي مؤدياً لتغير درجة الحموضة من pH = ٦,٢٥ (داخل السيتوبلازم) إلى pH = ٤,٢٥ خارج الغشاء. يعمل النظام الحامل على حمل كلاً من أيونات الهيدروجين والسكر إلى داخل الغشاء.*

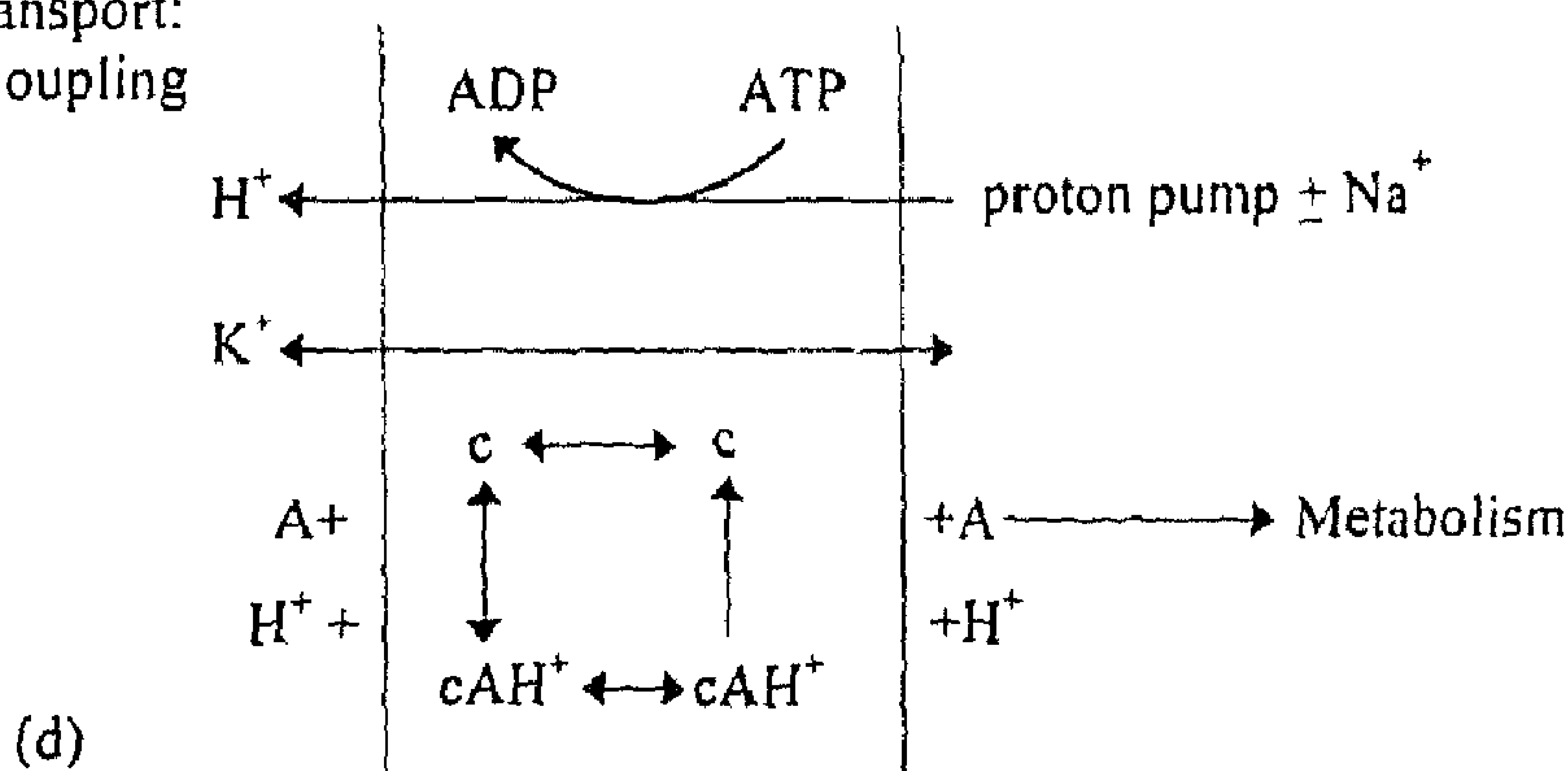
* انظر Garraway and Evans : قائمة المراجع






شكل رقم (٥٤):

الانتقال النشط ذو التزاوج المباشر مع مصدر الطاقة Active transport: direct coupling for sugars. ويسود الانتقال في اتجاه واحد (إلى داخل الخلية). يحدث عملية فسفرة للسكر، فينتقل بطاقته العالية (~Pi). ولم تتضح بعد موقع الفسفرة. في الحالة (i) يحدث فسفرة السكر وهو مرتبط بالحامل يتكون المعقد cAP. وفي الحالة الثانية (ii) تحدث الفسفرة على السطح الداخلي للغشاء. وفي الحالة الثالثة (iii) تحدث الفسفرة على السطح الخارجي للغشاء.




شكل رقم (٥٥):

الانتقال النشط المتزاوج غير المباشر Active transport: indirect coupling . يعمل ATP على تحريك المضخة البروتونية فيؤدي لانخفاض درجة الحموضة pH للوسط الغذائي الخارجي مؤدياً لظهور تدرج بروتوني أو $Na^+$. وبذلك تتحرك عملية انتقال الذائبات عبر الانتقال المعاكس للبروتون عن طريق الحامل. يتم المحافظة على التعادل الكهربي عن طريق امتصاص أيونات $K^+$ أو غيره من الأيونات. ويسمى مثل هذا النظام المضخة الأيونية بروتون - صوديوم - بوتاسيوم.*

## ١-١٥ التكاثر

## Reproduction

يعرف التكاثر على أنه تكوين أفراد جديدة لها كل خصائص النوع. وفي الفطريات يمكن تمييز نوعين من التكاثر: اللاجنسي asexual والجنسي sexual. يطلق على النوع الأول اسم التكاثر الجسدي Somotic أو الخضري Vegetative وهو لا يتضمن إتحاد أنوية أو خلايا جنسية أو أعضاء جنسية، وبذلك فهو يخالف التكاثر الجنسي حيث يحدث اقتران أي من الصور الثلاث السابقة.

* انظر The Fungi: قائمة المراجع



في الحالات البدائية للتكاثر (اللاجنسي أو الجنسي) فإن الثالوس الفطري يتحول جميعه إلى واحد أو أكثر من الأعضاء التكاثرية وأن الطور التكاثري لا يجتمع مع الطور المغتذي. مثل هذه الفطريات تعرف بأنها كلية "الإثمار" Holocarpic. أما غالبية الفطريات، فالأعضاء التكاثرية تنشأ على جزء من الثالوس، ويمارس باقي الثالوس مناشطه الحيوية، وتسمى مثل هذه الفطريات "حقيقية الإثمار" Eucarpic.

## ١-١٥-١ التكاثر اللاجنسي

## Asexual reproduction

تتكاثر الفطريات -نموذجياً- جنسياً ولاجنسياً. ويعتبر التكاثر اللاجنسي هو الأكثر أهمية، ذلك لأنه يشمل إعطاء أعداد هائلة من الأفراد، بالإضافة لأنه يتكرر عدة مرات في الموسم الواحد، حيث أن التكاثر الجنسي لكثير من الفطريات لا يحدث غالباً إلا مرة واحدة في العام.

يمكن تعريف التكاثر اللاجنسي بأنه كل طرق الإكثار التي تؤدي لإعطاء أفراد جديدة. وبذلك فهو يشمل الانقسام البسيط للأعضاء وحيدة الخلية لتعطي خلايا شقيقة، أو تجزؤ الثالوس عديد الخلايا إلى عدد من الأجزاء، ينمو كل منها فيعطي فرداً جديداً. أو تتبرعم الخلايا أو الجراثيم، حيث يعطي كل برعم فرداً جديداً. والطريقة الأخيرة هي إعطاء الجراثيم Spores والتي تنبت كل منها بإعطاء أنبوبة إنبات تنمو لتكوين ميسليوم.

تلجأ بعض الفطريات لعملية تجزؤ Fragmentation الهيفات كوسيلة أساسية للتكاثر، والهيفات قد تتجزأ إلى الخلايا المكونة لها، فتصبح كل خلية جرثومة. وتعرف مثل هذه الجراثيم بالجراثيم المفصلية Arthrospores، وإذا ما أصبحت الجرثومة محاطة

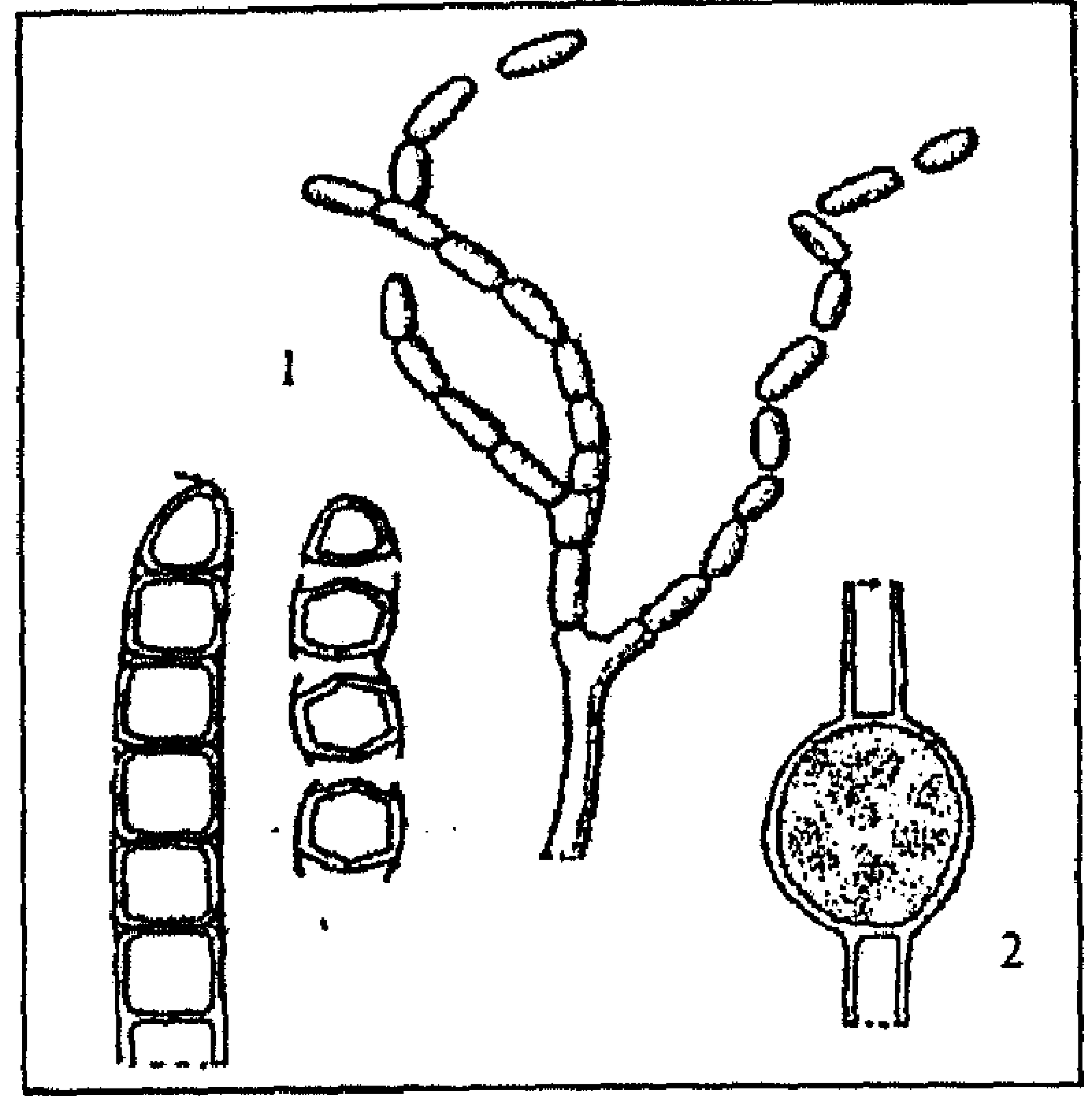
بجدار سميك قبل انفصال بعضها عن بعض، فتسمى حينئذ بالجرثومة الكلاميدية Chlamydospores (شكل رقم ٥٦) كما قد يؤدي تقطع الميسليوم تحت ضغط بعض الظروف إلى نمو الأجزاء المقطوعة لتعطي مستعمرات جديدة. وهذا ما نلجأ إليه لإكثار كثير من الفطريات معملياً.

تعتبر عملية إنتاج الجراثيم هي الأكثر انتشاراً كوسيلة أساسية للتكاثر، والجراثيم تختلف في اللون من شفافة (عديمة اللون) Hyaline إلى الخضراء، الصفراء، البرتقالية. الحمراء، البنية إلى السوداء. وتتراوح في الحجم من دقيقة، صغيرة إلى كبيرة. وفي الشكل من مستديرة إلى بيضاوية. وفي عدد خلاياها من مفردة إلى عديدة، كما تختلف في نظام ترتيبها، وكذلك بالطريقة التي تتولد بها. وسوف نناقش تسمية الجراثيم طبقاً لهذه الصفات.

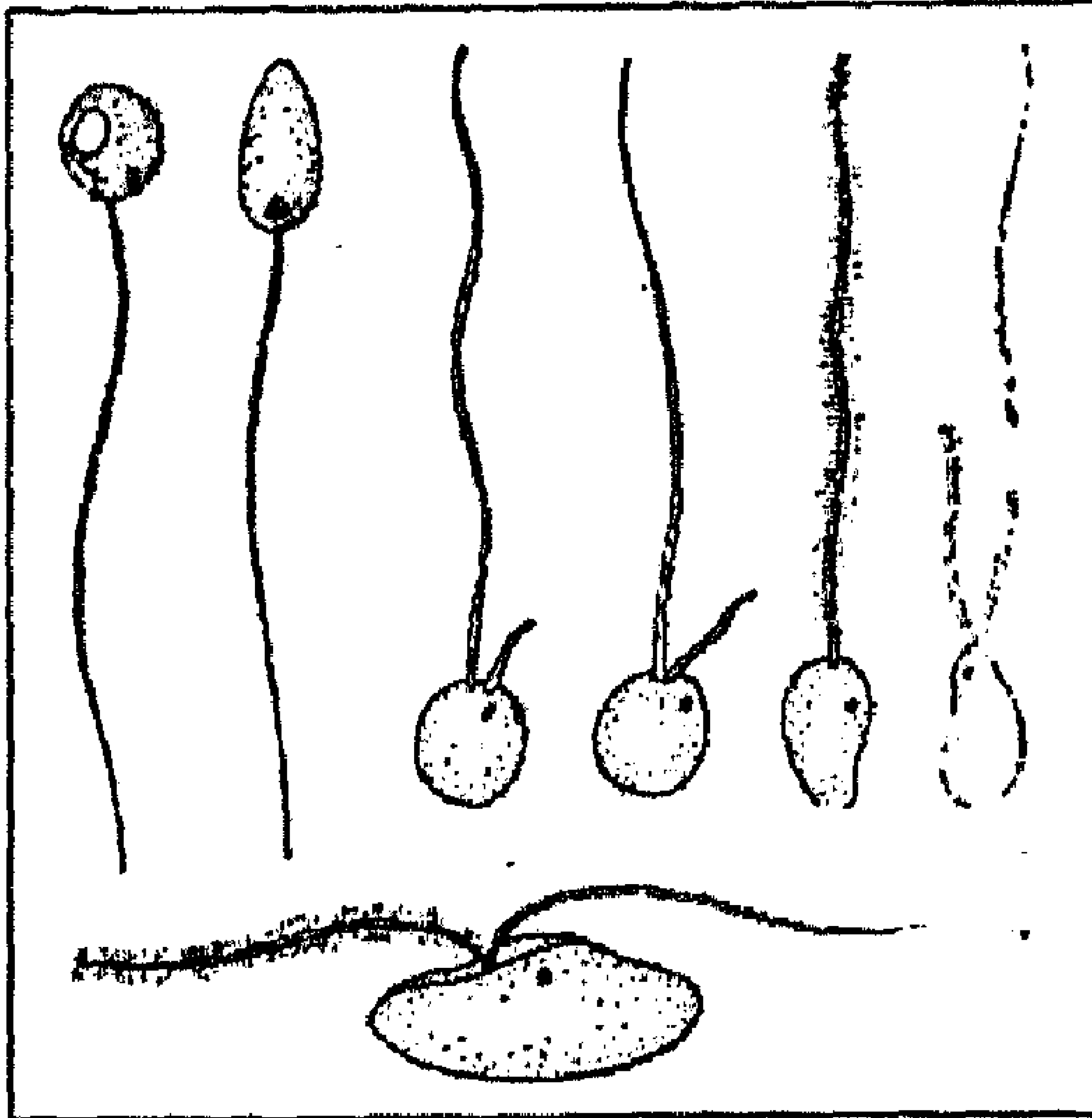
بعض الفطريات تعطي نوعاً وحيداً من الجراثيم، والبعض الآخر يعطي عدة أنواع قد تصل إلى أربعة.

قد تتولد الجراثيم داخل حوافظ Sporangium، فتسمى حينئذ بالجراثيم الحافظية (الأسبورانجية) Sporangiospores، أو قد تنتج على قمة أو أجناب الهيفا بطرق مختلفة فتسمى حينئذ جراثيم كونيدية Conidia.

والحافظة الجرثومية تركيب يشبه الوعاء، حيث تتحول محتوياته الداخلية بالانشقاق إلى واحد أو أكثر أو عديد الجراثيم. والجراثيم الحافظية قد تكون متحركة Motile أو غير متحركة Nonmotile. وفي الأنواع البسيطة (الأقل رقياً)، تكون الجراثيم متحركة وتسمى بالجراثيم السابحة Zoospores، أما إذا كانت غير متحركة فتسمى Aplanospores يتركب الجهاز الحركي للجرثومة السابحة من سوط أو سوطين Flagella. ويوجد نوعان من هذه الأسواط في الفطريات: الكرباجي (الأملس) Whiplash والبهرجاني Tinsel. ويوضح (شكل رقم ٥٧) نظام توزيع الأسواط على الجرثومة السابحة.



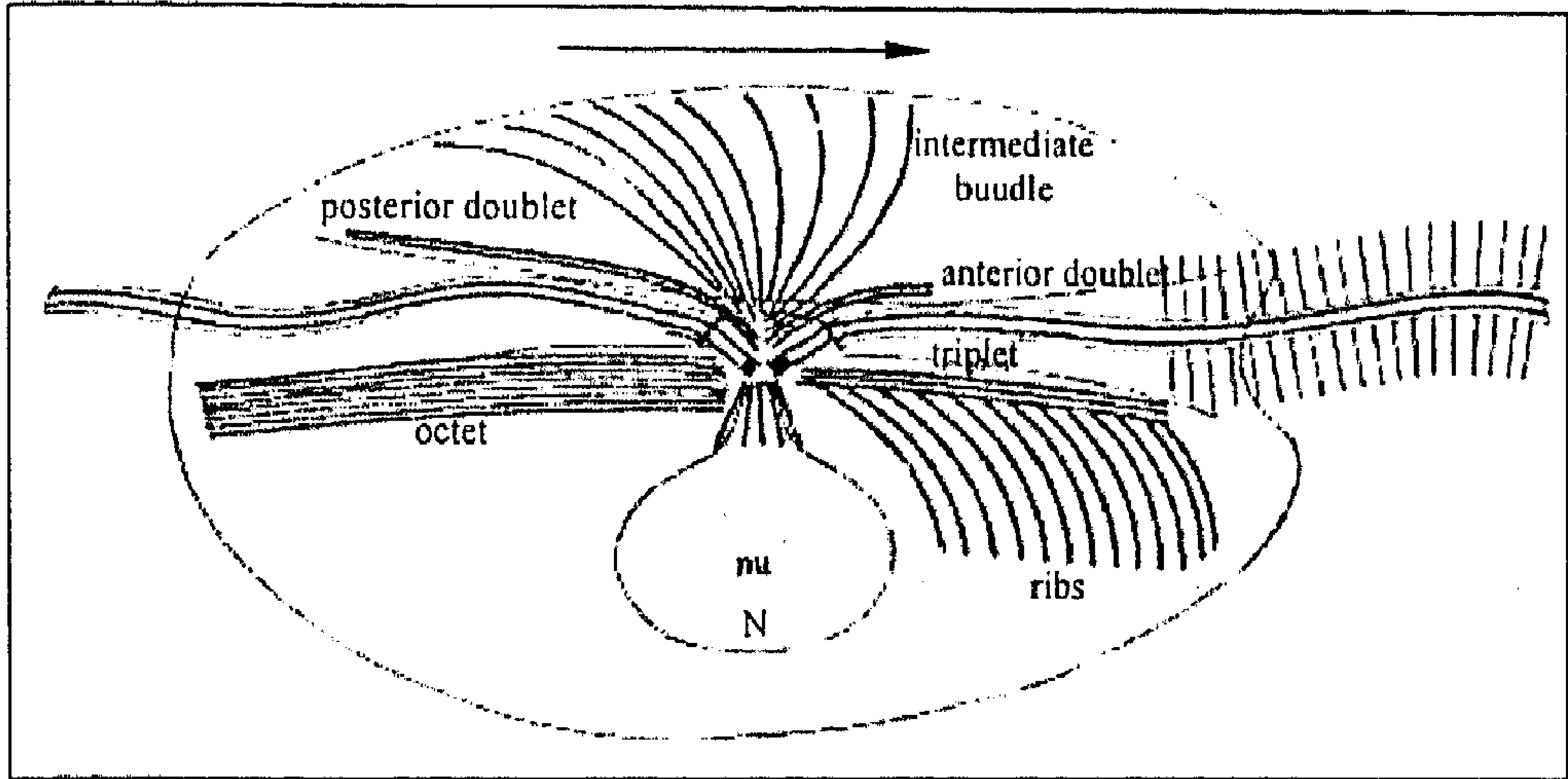

شكل رقم (٥٦):
التكاثر الخضري في الفطريات.
١) جراثيم مفصلية. ٢) جراثيم كلاميدية.



شكل رقم (٥٧):
الأسواط في الفطريات.

يتركب السوط الكرباجي من جزأين: الجزء القاعدي Basal هو الأكثر طولاً عن الجزء الطرفي، والأخير عادة قصير ومرن. أما السوط البهرجاني فيتركب من جذع طويل محاط بتراكيب جانبية تشبه الشعيرات تسمى Mastigonemes or filmmers وتوجد على طول محور السوط.

والجهاز السوطي على جانب كبير من التعقيد، حيث يتصل السوط داخل الجرثومة بما يسمى Kinetosome وهذا يتصل به مكونات أنيبيبية Microtubular components أو ما يسمى Axonema. كما يتصل Kinetosome بما يسمى Rhizpleist أو Rootlet وهذه بدورها تتصل بنواة الجرثومة عن طريق عناصر مختلفة من الأنيبيبيات (شكل رقم ٥٨).




شكل رقم (٥٨):

شكل تخطيطي لنظام الأنيبيبات الجذري Microtubule root system للجرثومة السابحة للفطر Saprolegnia. (عن المرجع السابق) .

ويلاحظ وجود المزدوج الأمامي Anterior doublet والخلفي Posterior doublet والحزمة الوسطية Intermediate buudle والثلاثيات Triplet والنواة (n) والنوية (nu) والحزم المتوازية Octet.

يتركب السوط من لويفتين مركزيتين محاطاً بتسعة لويفات (٢+٩) وتعطي اللويفات التسعة اسطوانة تحيط بالزوج المركزي. واللويفة المركزية تتركب من أنيبيب وحيد، بينما التسعة المحيطة فيتركب كل منها من أنيبيبين (شكل رقم ٥٩).

الجراثيم الكونيدية Conidium غير متحركة non-motile، لا جنسية، سريعة التساقط من حواملها Falling off readily عند النضج، وقد تأخذ معها جزء من الحامل الكونيدي أو عويميد بسيط Pedicel وهذا ما يطلق عليه مصطلح Deciduous.







(أ) (ب)

شكل رقم (٥٩): قطاع عرضي يظهر سوط الفطر *Saprolegnia*.

(أ) يظهر النظام (٩+٢) لترتيب الأنيبيبات.

(ب) قطاع عرضي في الجسم المحرك Kinetosome (K) تظهر الترتيب لتسعة ثلاثيات.*

## ١-١٥-١-١ تسمية الجراثيم الكونيدية

## Conidial nomenclature

يعتبر عمل "سكاردو" Saccardo (١٨٩٩م) هو العمل الرائد في مجال تسمية الجراثيم الكونيدية. فقد ميز بين سبعة أشكال مختلفة للكونيديات. فأطلق على جرثومة وحيدة الخلية Amerospore، وذات الخليتين Didymospore، والتي يزيد عدد خلاياها عن اثنتين Phragmospore، والجرثومة الكونيدية المقسمة بمستويات مختلفة (طولياً وعرضياً) Dictyospore، والجرثومة الكونيدية شديدة الاستطالة والنسبة بين الطول والعرض (١٥:١) Scolecospore، وذات الشكل الحلزوني Helicospore، والجرثومة غير المقسمة

* انظر قائمة المراجع: Halloway, S.A. and I.B. Health. 1977. Morphogenesis and the rote of microtubules in synchronous population of saprolegnia zoospores. Exp. Mycol 1:9-29

أو المقسمة ولها عدة محاور ولا تزيد درجة انحناء المحاور عن ١٨٠ درجة ويوجد عليها نتوءات Protuberances، والتي تزيد عن ¼ طول الجرثومة أطلق عليها Staurospore.

وفي حالة ما إذا كانت الجرثومة شفافة، يضاف المقطع -Hyalo قبل الاسم، والداكنة اللون المقطع -Phaeo قبل الاسم. فالجرثومة وحيدة الخلية الشفافة تسمى Hyalo-amerospore والداكنة تسمى Phaeo-amerospore. ويوضح (شكل رقم ٦٠) أشكال هذه الجراثيم.

شكل رقم (٦٠): أنواع الجراثيم طبقاً لأشكالها.



| | |
|---|---|
| ١-٧ | الجراثيم وحيدة الخلية في الفطريات المختلفة Amerosporae. |
| ٨-٩ | الجراثيم ثنائية الخلايا Didymosporae. |
| ١٠-١٣ | الجراثيم لأكثر من خليتين Phragmosporea. |
| ١٤-١٦ | الجراثيم كمثرية الشكل عديدة الخلايا Dictyosporae. |
| ١٧-١٩ | الجراثم الخيطية Scolecosporae. |
| ٢٠-١١ | الجراثيم الحلزونية Helicosporae. |
| ٢٢-٢٥ | الجراثيم شبيهة بالنجم Staurosporae. |

أدخل Hughes (١٩٥٣م) طريقة تولد وتطور الجرثومة Ontogeny كطريقة موازية لتسمية سكاردو. وطبقاً لطريقة تولد الجرثومة على الحامل الكونيدي يمكن تمييز عدة أنواع من طرق التوالد. ويوضح (شكل رقم ٦١) أنواع الجراثيم الكونيدية طبقاً لطرقة نشأتها.

### ≺ الجرثومة البرعمية Blastospore

تنشأ باستطالة النهاية الطرفية للحامل الكونيدي والذي يبدأ على شكل نتوء، يزيد حجمه ثم ينفصل عن الحامل عن طريق استمرار الاختناق بين الجرثومة والحامل. هذه الجرثومة تعطي نتوءاً جديداً بجرثومة جديدة. وبذلك تصبح السلسلة الجرثومية أصغرها لأعلى وأكبرها عمراً لأسفل (تعاقب قاعدي). ومن هذا النمط توجد الجراثيم البرعمية العنقودية Botryose blastospore.

### ≺ الجرثومة الكونيدية التعاقبية Sympodioconidium

حيث النمو المحدود للحامل الكونيدي والذي ينتهي طرفه بجرثومة كونيدية. تزاح هذه الجرثومة جانباً لتفسح الطريق لاستعادة الحامل لنموه معطياً على طرفة جرثومة ثانية وهكذا، يتجدد نمو الحامل وتكوين الجراثيم.

## ➢ الجرثومة الفقاعية Aleuriospore

جرثومة رقيقة أو سميكة الجدار، تنشأ من انتفاخ طرف الحامل الكونيدي، ثم يتكون جدار عرضي يفصل الانتفاخ عن الحامل.

## ➢ الجرثومة البرعمية العكسية Annellospore

حيث تتكون الجرثومة من طرف الحامل ثم تدفع لأعلى، وتتكون الجرثومة التالية أسفلها بنفس الطريقة، وهكذا تصبح السلسلة الكونيدية أكبرها لأعلى وأصغرها عمراً لأسفل (تعاقب قمي).

## ➢ الجرثومة الثقبية Porospora

تنشأ الجرثومة عن طريق تمدد الجدار الداخلي للحامل الكونيدي منبثقة خلال الجدار الخارجي، ويتزايد حجمها، وتنفصل عن الحامل عن طريق اختناق وتدفع الجرثومة جانباً، حيث يستمر الحامل في النمو لإعطاء جرثومة آخرى....وهكذا.

## ➢ الجرثومة القارورية Phialospore

وفيها ينتهي الحامل الكونيدي بتركيب يشبه القارورة Phialid، تنبثق الجرثومة من خلاله في سلسلة أكبرها لأعلى وأصغرها لأسفل.

تحمل الجراثيم على حوامل تسمى الحوامل الكونيدية Conidiophore وهذه إما تتكون خارجياً أو داخل أوعية.

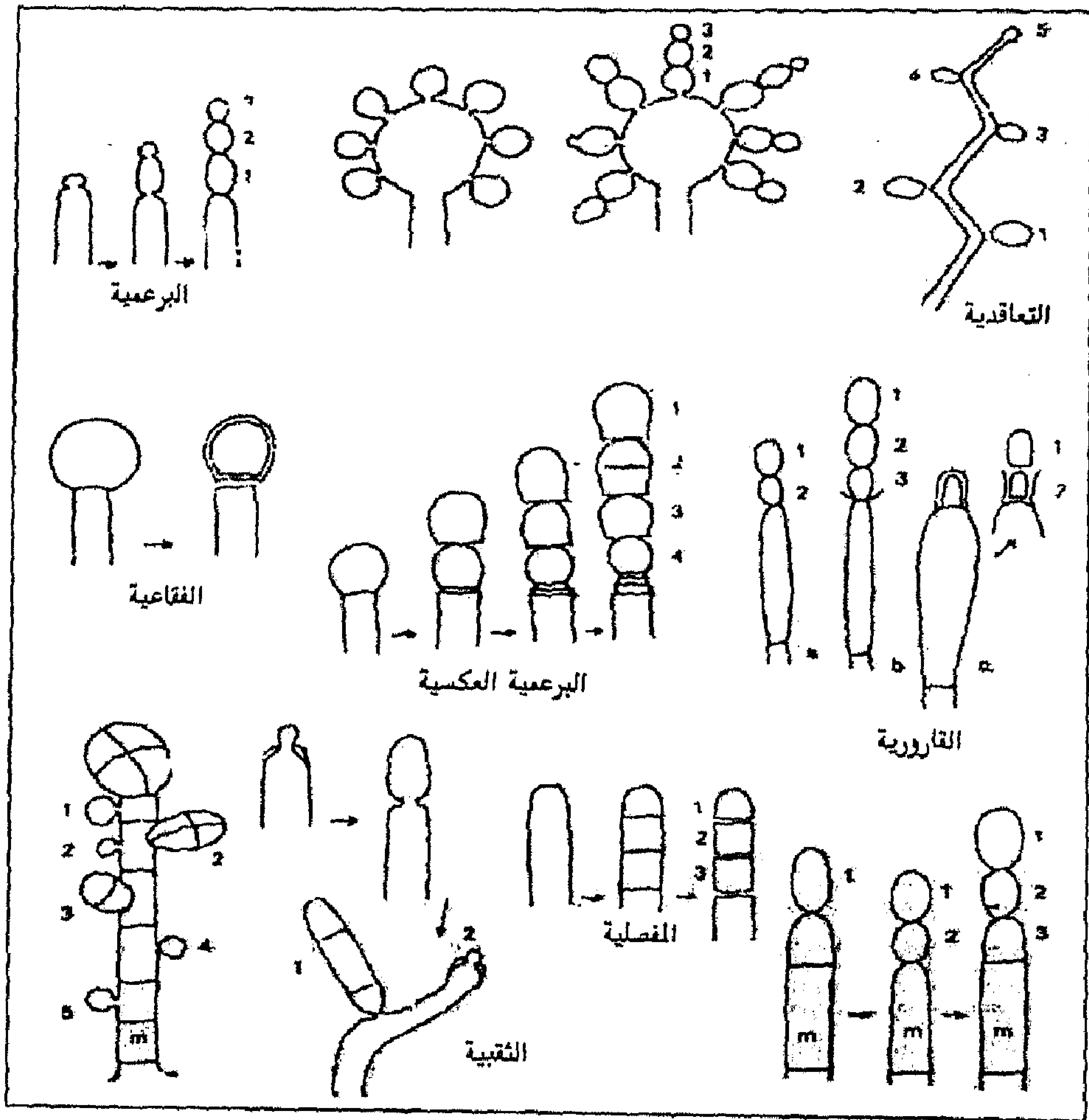
والحوامل الكونيدية الخارجية إما أن تكون هيفات مفردة Hyphal والتي قد تتلاصق فيما بينها ليعطي ما يسمى الضفيرة الكونيدية Synnemata. وقد تكون هذه الحوامل قصيرة شديدة التلاصق معطية ما يسمى Sporodochia.

أما الحوامل داخلية النشأة، فهذه تتكون داخل أوعية من ميسليوم محاك تسمى



الأوعية البكنيدية Pycnidum وهذه قد تكون كروية أو قارورية ، وقد تكون هذه الأوعية مفلطحة ويسمى التركيب Pycnothyrial.

قد تتكون الحوامل الكونيدية أسفل بشرة النبات فيعطي ما يسمى بالكويمة الكونيدية Acervula، وقد تأخذ شكل الكأس Cuplate أو على حشية فطرية Stroma.




شكل رقم (٦١):

أنواع الجراثيم طبقاً لطريقة نشأتها على الحامل الكونيدي.

## ١-١٥-٢ التكاثر الجنسي
## Sexual reproduction

يعرف التكاثر الجنسي في الكائنات جميعها بأنه العملية التي تؤدي لإتحاد نواتين متوالفين. وعلى ذلك، فالآلية الجنسية تتضمن ثلاثة مراحل. المرحلة الأولى وتسمى الاقتران البلازمي Plasmogamy ونعني بها إتحاد بروتوبلاستين مما يؤدي لاقتراب نواتيهما من بعضهما. يؤدي هذا الاقتراب إلى إتحادهما في نواة واحدة، وتسمى هذه المرحلة Karyogamy. وعادة ما يحدث الاقتران النووي بعد الاقتران البلازمي، وهذا ما يشاهد في الفطريات البسيطة التركيب، أما في الأنواع الأكثر تعقيداً، فتتفاوت هاتين المرحلتين زمنياً. وبذلك يصبح العضو أو الخيط مزدوج النوى لفترة طويلة، ويسمى مثل هذا الطور الازدواج النووي Dikaryon، وسوف نشاهد ذلك تفصيلاً في شعبة Basidiomycota.

يعقب الاندماج النووي بفترة تطول أو تقصر تبعاً لنوع الفطر حدوث الانقسام الاختزالي Meiosis الذي يعمل على اختزال عدد الكروموسومات إلى المرحلة أحادية المجموعة الصبغية. وعلى ذلك، فإنه إذا ما وجد ثالوس أنويته في الطور الأحادي Haploid أو الثنائي Diploid في دورة حياة الفطر، فإن هذه الدورة تسمى Haplobiontic، أما إذا تعاقب الثالوس الأحادي مع الثنائي، فتسمى هذه الدورة Diplobiontic ويستثنى مما سبق الفطريات البيضية Oomycetes، حيث أن الثالوس الخاص بها ثنائي المجموعة الكروموسومية، ذات جاميطات، يبدو أنها التركيب الأحادي الكروموسومي الوحيد في دورة حياة الفطر.

وعلى ذلك، فإن الانقسام النووي الاختزالي Meiosis هو المرحلة الأولى في الآلية الجنسية لهذه الفطريات، ويصبح النظام التالي هو السائد:

**انقسام اختزالي ثم اقتران بلازمي ثم اقتران نووي.**



وتشاهد دورة الحياة التعاقبية من الثالوس الأحادي والثنائي في الفطر المائي *Allomyces*، والفطر المتطفل على الذباب Coelomyces وبعض الخمائر Yeasts.

ولكي تتم الآلية الجنسية، فإن بعض الفطريات تنتج أعضاء تأنيث وأخرى أعضاء تذكير تختلف شكلياً على نفس الثالوس. وهذه يطلق عليها فطريات خنثى Hermaphroditic أو وحيدة المسكن Monoecious. وإذا ما استطاع اليسليوم الخنثى التكاثر جنسياً مع ذاته، فهو متوافق ذاتياً Self compatible، أما إذا أعطى الثالوس الواحد نوع واحد من الجاميطات فيسمى عندئذ ثنائي المسكن Dioecious.

يطلق على الأعضاء الجنسية الأوعية الجاميطية Gametangia، وهذه قد تتميز إلى خلايا جنسية، تسمى جاميطات. أو قد تحوي بدلاً من ذلك نواة جنسية واحدة أو أكثر Gamete nuclei.

وإذا لم يمكن التفرقة بين الجاميطات المذكرة والمؤنثة شكلاً فتسمى Isogametes أو Isogametangia. أما إذا تباينت شكلياً فتسمى Heterogametes أو Heterogametangia. ويطلق على الجاميطة المذكرة Antheridium والمؤنثة Oogonium. وتحدث آلية الإتحاد الجنسي بأحد الوسائل الآتية: إما باقتران الجاميطات السابحة Planogametic copulation أو تلامس الجاميطات Gametangial contact، أو الاقتران الجاميطي Gametangial copulation، أو الاقتران البذري Spermatization أو الاقتران الجسدي (الهيفي) Somatogamy (شكل رقم ٦٢).

اقتران الجاميطات السابحة

متماثلة شكلياً

متباينة شكلياً

الإقتران البيضي

تلامس الجاميطات

اقتران الجاميطات

البذرات

التقاء جسدي

شكل رقم (٦٢):

جدول يوضح كل طرق التقاء الجاميطات في عملية التكاثر الجنسي في الفطريات.

## ١-١٥-٢-١ التوافـــق الجنســـي

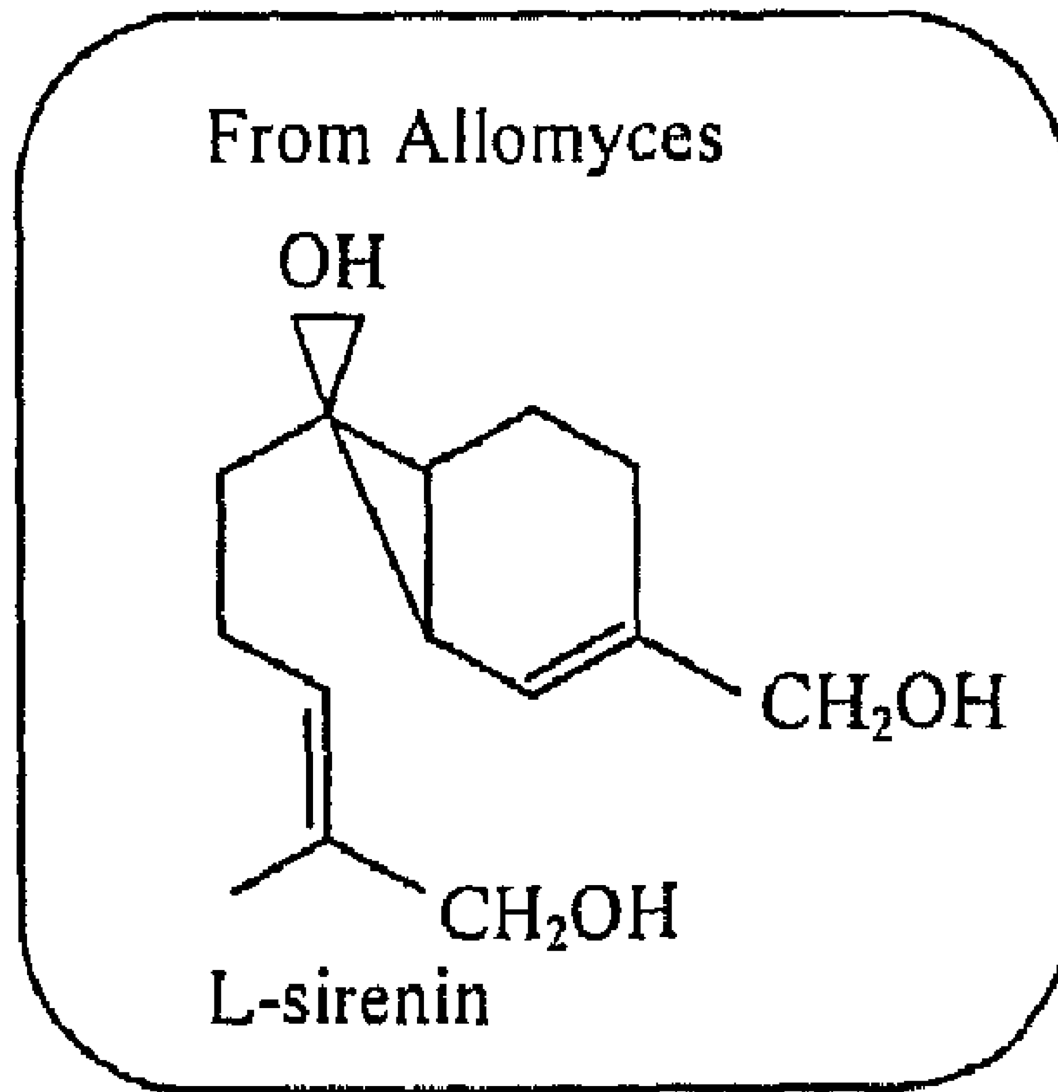
## Sexual compatibility

يقصد بالتوافق الجنسي استطاعة الجاميطات الذكرية والأنثوية على نفس الثالوس من أن تخصّب بعضها البعض. ويسمى الفطر في هذه الحالة متوافق جنسياً Homothallic fungus. أما إذا فقدت الجاميطات هذه القدرة (لأسباب جينية) وتطلب الأمر ثالوس آخر لكي تتم الآلية الجنسية فيسمى في هذه الحالة غير متوافق ذاتياً Heterothallic fungus. كما توجد ظاهرة ثالثة تعرف بالتوافق الجنسي الثانوي Secondarily homothallic، حيث قد تحوي الجرثومة النامية نواتين تحمل كل منهما جينات مختلفة للتوافق، فيصبح الميسليوم في هذه الحالة متوافق ذاتياً، ويطلق المصطلح Homoheteromixis على هذه الحالة.

ترجع حالة عدم التوافق الجنسي وراثياً إلى عامل وراثي $A_1$ , $A_2$ ويحدث الاقتران بين ثالوسين تحمل أنوية احديهما العامل $A_1$ وأنوية الآخر العامل $A_2$. وتسمى هذه الحالة عدم توافق ثنائي القطب Bipolar heterothallic.

والنوع الثاني الذي يطلق عليه رباعي القطب Tetrapolar heterothallic والذي يرتبط بأربعة مجاميع رئيسية، ويحدث التوافق في وجود أزواج العوامل $A_1A_2$ و $B_1B_2$ والتي تتوضع على كروموسومات مختلفة. والثالوسات التي يحمل تركيبها الوراثي الجينات العكسية للأزواج $A_1A_2$ و $B_1B_2$ متوافقة وتصبح اللاقحة (الزيجوت) الناتجة تحوي التركيب $A_1A_2B_1B_2$. ومن الصعب أن نغادر آلية التوافق وعدم التوافق دون الإشارة إلى الدور الفسيوهرموني فيها.

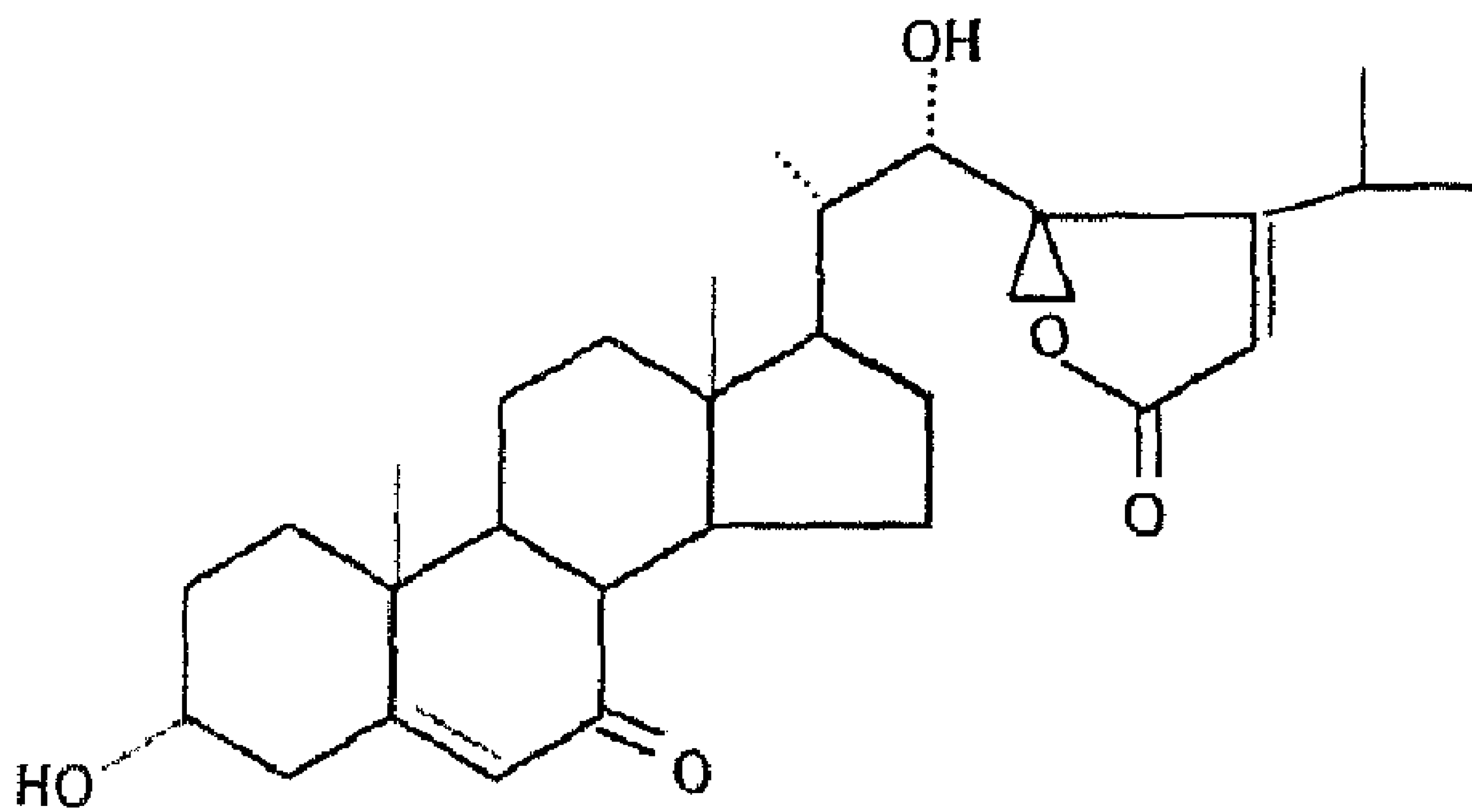
تطلق الفطريات المائية جاميطاتها السابحة في الماء، وما لم يحدث انجذاب كيماوي بين الجاميطات الذكرية السابحة والأخرى الأنثوية بطيئة الحركة، فإن الآلية الجنسية فيها لن تتم. ولكي يحدث ذلك، فقد ثبت أن الخلايا الأنثوية تعمل على بناء وإطلاق مادة ل-سيرينين L-sirenin وهي سسكتربين ديول ثنائي الحلقة Bicyclic sesquiterpene diol وإليه تنجذب السابحات الذكرية وهذا المركب شديد التخصص، حيث أن مشابهاته الضوئية غير قادرة على إحداث هذا الفعل.



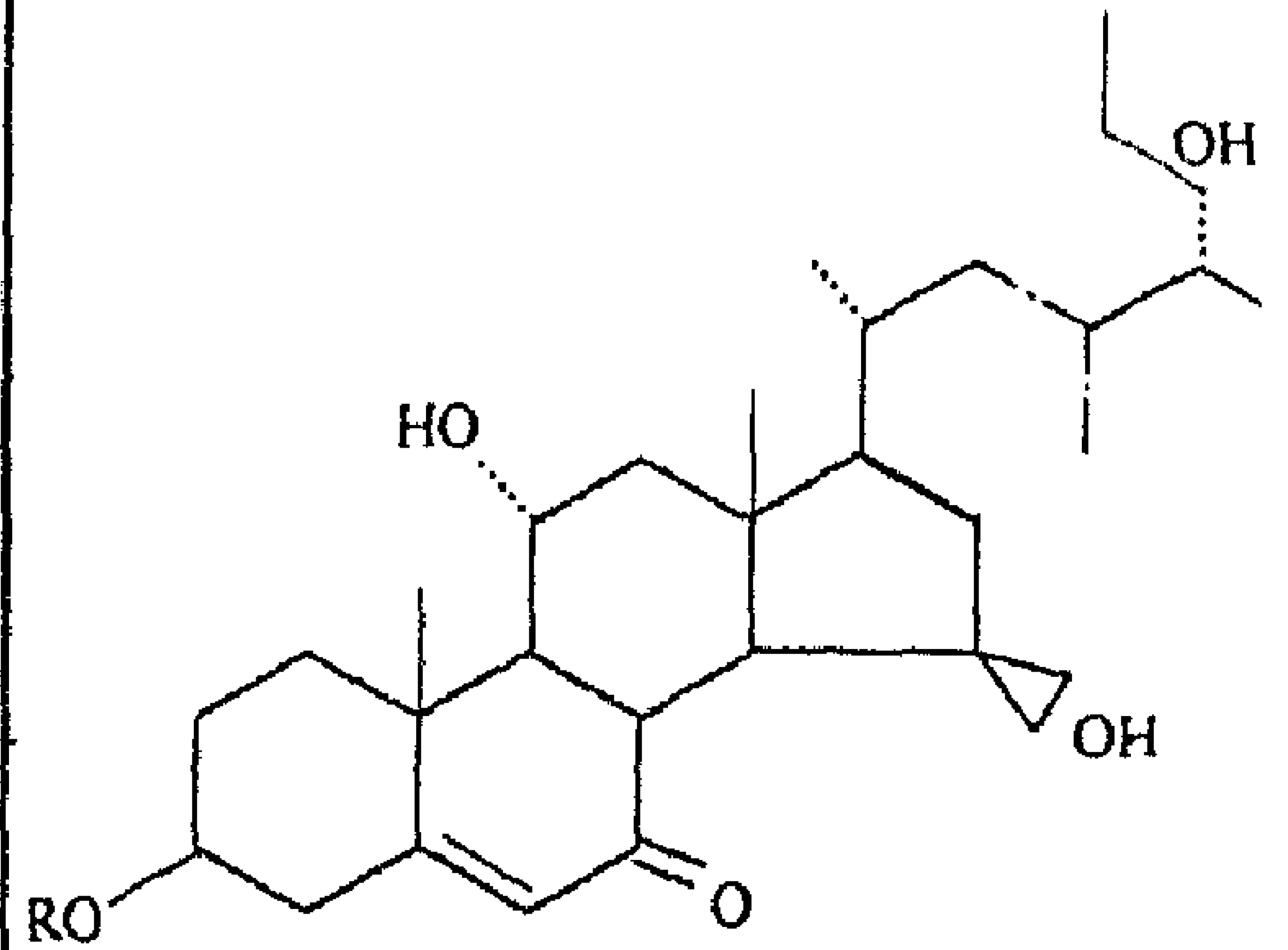

ل-سيرينين L-sirnenin من السابحات الأنثوية للفطر Allomyces.

في الفطريات ساكنة الجاميطات، فالتفاعل الهرموني بين ثالوساتها يلعب دوره الهام بدءاً من بداية تمايز الجاميطات حتى اقترانها. فالفطر *Achlya ambisexualis* يفرز هرمون ستيرويدي يعمل على بداية تمايز الميسليوم المذكر، ويلاحظ أن الأفرع الأنثريدية تبدي انجذاباً تجاه البدايات البيضية على الميسليوم الأنثوي. ويوضح الشكل التالي التركيب الكيماوي لهذه الهرمونات:

From Achlya



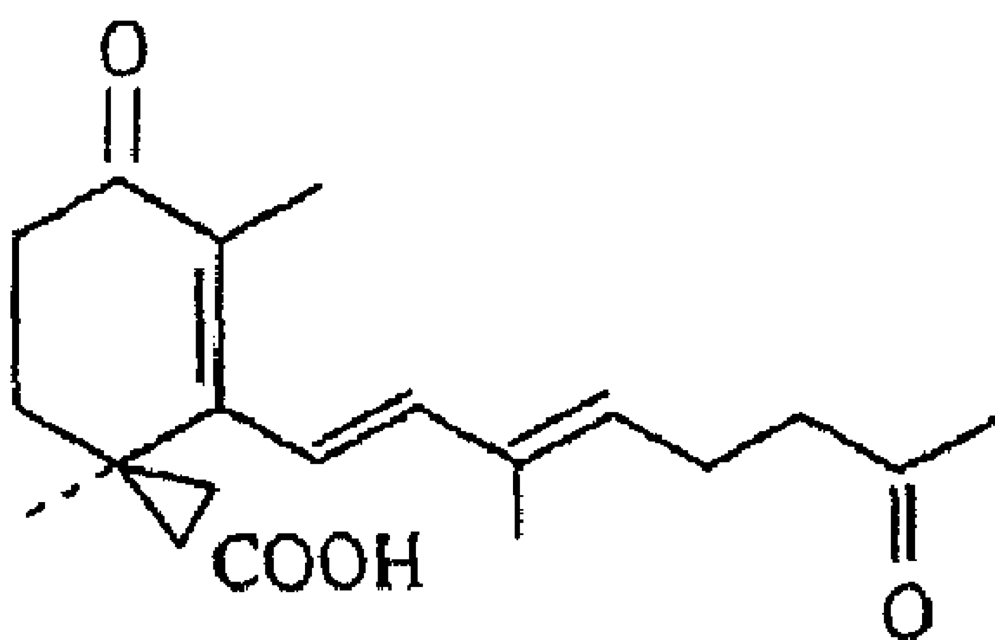

Antheridiol الأنثريديول



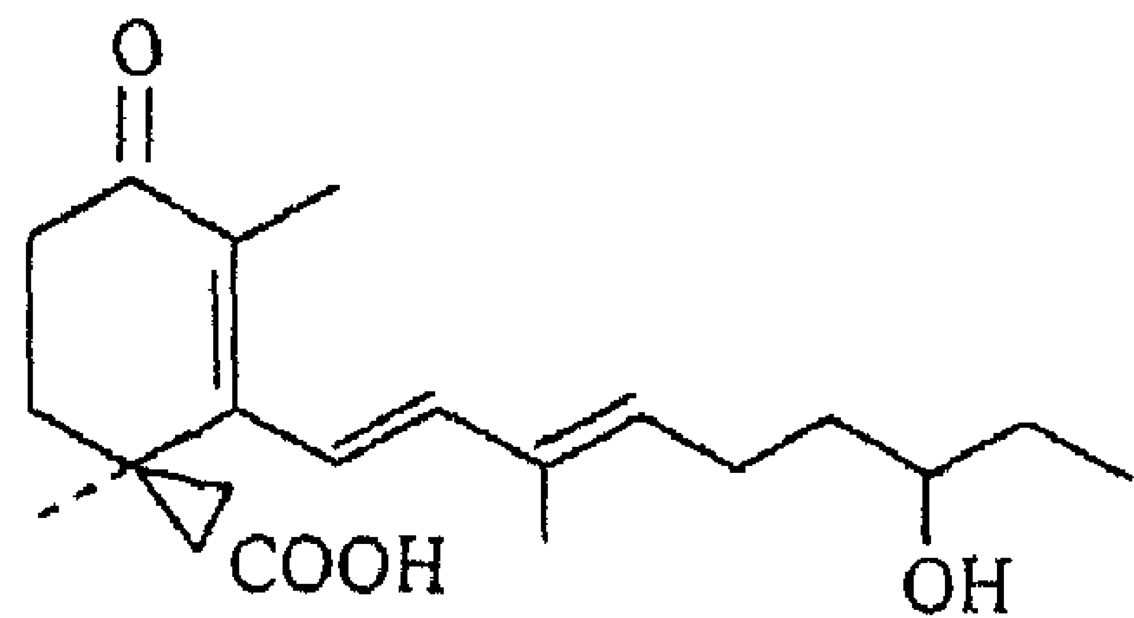

Oogoniols الأوأوجونيول
[R= $(CH_3)_2$ CHCO, $CH_3CH_2CO$, or $CH_3CO$]

يلاحظ كذلك النمو الموجه للجاميطات في الفطريات الزيجية Zygomycetes كما في الفطريات *Blakeslea trispora* و *Mucer mucedo* و *Phycomyces blakesleeanus*، حيث تنمو الجاميطات المتباينة فسيولوجياً تجاه بعضها البعض. ويرجع الفضل في ذلك لحمض ترايسبوريك B و C.

From mucorales




Trisporic acid B




Trisporic acid C

اتضح وجود النمو الموجه وانتشاره في الفطريات الأسكية Ascomycota والفطريات البازيدية Basidiomycota، كما يبدو أنه واسع الانتشار في الفطريات ذات الميسليوم المقسم. فمن الأمثلة الواضحة على ذلك، أن الفطر الروثي *Ascobolus stercorarium* والذي يتم تكاثره الجنسي عن طريق اتحاد خلية Oidium مع خيط أنثوي Filamentous trichogyne والذي ينشأ من الحافظة الأسكية Ascogonium، حيث يلاحظ أن الخيط الأنثوي ينمو في اتجاه الخلية الذكرية. كما لوحظت نفس هذه الظاهرة في الفطريات الأسكية *Nectria haematocca* و *Neurospora crassa* و *N. sitophila*.

في الفطريات البازيدية، حيث يحدث الازدواج النووي باندماج خلية ذكرية Oidia مع أفرع الميسليوم المتوافق. وقد لوحظ النمو الموجهة في كثير من الفطريات منها أجناس *Clitocybe* و *Coprinus* و *Flammulina* و *Psathyrella*.

لوحظت نفس هذه الظاهرة (النمو الموجه) في الخمائر الأسكية والبازيدية حيث يلاحظ نمو البراعم تجاه بعضها البعض في الخمائر مثل *Hansenula anomala* وأنواع *Kluyveromyces* و *Saccharomyces cerevisiae* (شكل رقم ٦٣).

كذلك لوحظ في الخمائر البازيدية، تتجه أنابيب الاقتران الناشئة من الأسبوريديا في الخمائر نحو بعضها كما في الخمائر *Rhodosporidium toruloides* و *Tremella mesenterica* وكذلك في الفطر *Ustilago violacea*.

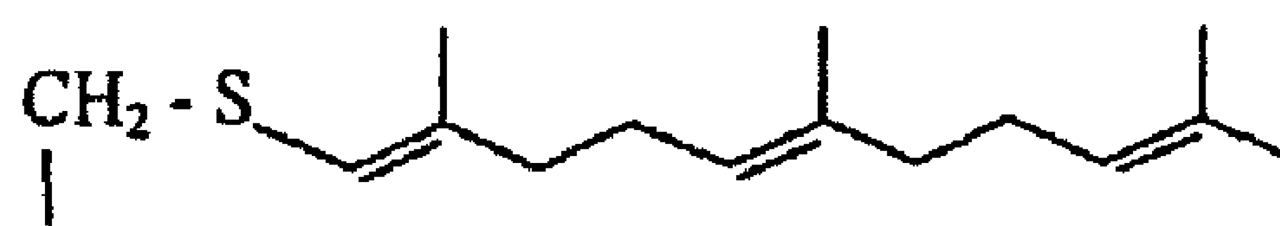
From *Saccharomyes ceevisiae*

α1 $NH_2$-Trp-His-Trp-Leu-Gln-Leu-Lys-Pro-Gly-Gln-Pro-Met-Tyr-COOH
α2 $NH_2$-His-Trp-Leu-Gln-Leu-Lys-Pro-Gly-Gln-Pro-Met-Tyr-COOH
α3 $NH_2$-Trp-His-Trp-Leu-Gln-Leu-Lys-Pro-Gly-Gln-Pro-Met(SO)-Tyr-COOH
α4 $NH_2$-His-Trp-Leu-Gln-Leu-Lys-Pro-Gly-Gln-Pro-Met(SO)-Tyr-COOH

α factor

From *Rhodosporidium toruloides*

$CH_2$ - S



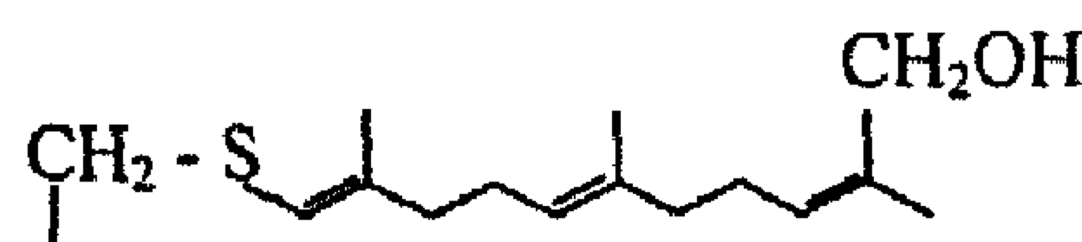
H-Tyr-Pro-Glu-Ile-Ser-Thr-Arg-Asn-Gly-NH-CH-COOH

Rhodotorucin A

From *Tremella mesenterica*

$CH_2OH$

$CH_2$ - S



H-Glu-His-Asp-Pro-Ser-Ala-Pro-Gly-Asn-Gly-Tyr-NH-CH-$COOCH_3$

Tremellogen A-10

شكل رقم (٦٣):

مركبات هرمونية من الخمائر.

# ١-١٦ التباين النووي والآلية الجنب جنسية

## Heterokaryosis and parasexual cycle

تحدث في مستعمرات الفطريات الخيطية ذات الميسليوم المقسم عملية الاقتران الهيفي Hyphal anastomosis، وكثيراً ما تحدث هذه العملية عندما تقترب مستعمرتين لنفس النوع من بعضيهما، مؤدية لانتقال الأنوية عبر المستعمرتين. وإذا ما تصادف واحتوت خلايا إحدى المستعمرتين على أنوية مختلفة وراثياً عن الأخرى، فإن الاقتران الهيفي سيؤدي لظهور نموات متباينة Heterokaryon، ذات أنوية مختلفة وراثياً في السيتوبلازم المشترك. أما إذا ما كان الاختلاف راجعاً إلى عوامل وراثية سيتوبلازمية مثل DNA أو وجود بلازميد أو فيروس، فالمستعمرة الناتجة قد تكون Heteroplasmon أي ذات عوامل وراثية سيتوبلازمية ناتجة من مصادر مختلفة.

يمكن إحداث تكوين التباين النووي بزراعة طفرات مختلفة للنوع الواحد متجاورة.

في الميسليوم المتباين النوى، قد يحدث إتحاد بين نواتين متباينتين معطياً نواة ثنائية المجموعة الكروموسومية (٢ن). مثل هذا الاندماج نادر الحدوث ومن المحتمل أن يحدث بنسبة $١٠^{-٦}$ ومع نمو المستعمرة تنقسم هذه النواة الثنائية انقسامات متتالية عن طريق الانقسام الفتيلي Mitosis.

ويحدث أثناء هذا الانقسام عملية عبور Mitotic crossing over، وهو نادر الحدوث بالمقارنة مع العبور الاختزالي Meitotic crossing over. ومن الأمور الشائعة حدوث أخطاء أثناء انقسام هذه النواة الثنائية، ومن هذه الأخطاء ظهور أنوية (٢ن+١) أي تحوي ثلاثة نسخ لأحد الكروموسومات، والنواة الأخرى (٢ن-١) [أي ذات نسخة مفقودة لأحد

الكوموسومات]. مثل هذا التباين العددي الكروموسومي غير العادي والمسمى Aneuploidy يؤدي للضعف الشديد في نمو الفطر.

وتؤدي عملية فقد أحد نسخ من (٢ن+١) إلى إعطاء أنوية ثنائية عادية. كما تؤدي عملية فقد النسخ الزائدة في النواة (٢ن-١) لإعادة إنتاج الصبغيات (Hapoldization).

وليست عملية العبور الفتيلي هي المسئولة فقط عن عملية إعادة الصياغة الكروموسومية إلا أن العودة للطور الأحادي Haplodization يمكن أن تؤدي كذلك لإعادة الصياغة الكروموسومية. وإذا ما احتوت جرثومة أحادية النواة مثل هذه النواة، فإنها تؤدي حتماً لإعطاء نموات متباينة وراثياً. مثل هذه الآلية تسمى الجنب جنسية Parasexual cycle.

تعد هذه الدورة على جانب كبير من الأهمية. وقد تترافق مع الدورة الجنسية كما هو الحال في الفطر *Aspergillus nidulans* أو قد لا تترافق معها كما في حالة *A. niger*.

بالرغم من أن تفاصيل هذه الآلية غير معروفة، إلا أنه أمكن عمل خرائط لثمانية كروموسومات باستخدام الدورة الجنب جنسية. وقد اتفقت نتائجها تماماً مع الخرائط الكروموسومية المتحصل عليها من تحليل نتائج الدورة الجنسية للفطريات *A. nidalans* و *A. niger* و *Penicillium chrysogenum* و *Fusarium oxysporum*.

## مراجع للاستزادة


- Tomme P., Wairen, R.A.J. ande Giltes, N. R. (1993). Cellulose hydrolysis by bacteria and fungi. Adv, Microb. Physiol. 37, 1-81.
- Visser, J. and Voragen, A.G.J. (eds) (1996). Pectins and Pectienases, Progress in Biotechnology, Elsevier, Amsterdam.
- Torronen, A. and Rouvinen, J. (1995). Structural comparison of the two major ends, 1,4. xylanase from *Trichoderma reesei*. Biochemistry 34&47-805.

Gold, M. H. and Alic, M. (1993). Molecular biology of the lignin. Degrading basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*. Microbial, Rew. 57, 604-622.

## ١٧-١ تسمية الفطريات

## Nomenclature

كنتيجة طبيعية لمحاولات الكثيرين لوضع أسماء لمختلف الكائنات، وبسبب صعوبة تبادل المعلومات حول هذه الكائنات، توصل Carl Von Linne الذي قام بترجمة أسمه إلى اللغة اللاتينية Carolus Linnaeus إلى النظام الثنائي للتسمية Binomial system، وذلك في كتابه Species Plantarum (في جزئين) والذي نشر عام (١٧٥٣م)، حيث وصف النباتات التي عُرفت في وقته.

ولد كارلوس لينيوس في أوبسالا Uppsala بالسويد عام (١٧٠٧م). وكطفل، أمضى وقته في اللعب بين الحقول والمروج والغابات. وفي الجامعة وهو في العشرين من عمره أجرى دراسة على التراكيب التكاثرية في النبات ووصف الآلية الجنسية للنبات. وقام بوضع الفطريات في مجموعة هي Cryptogamia. توفى لينيوس عن عمر يناهز ٧١ عام في منزله القائم خلف الحديقة النباتية في أوبسالا (شكل رقم ٦٤).

ذكر لينيوس أن كل نوع يجب أن يحمل اسمين الأول منهما هو اسم الجنس ويكون اسماً (noun) أو اسم يدل على الكيان Substantive الحرف الأول منه يكتب بالبنط الكبير. واسم النوع نعت (صفة) لاسم الجنس ويكون اسماً أو مضافاً إليه Genitive ولا يكتب بالبنط الكبير. بعض أسماء الأنواع قد تحمل اللقب الشرفي لبعض الأشخاص أو الأماكن، وبعض المصنفين يكتبها بالبنط الكبير، والبعض يكتبه بالبنط الصغير. ولسوء الطالع، فإن بعض أسماء أجناس العوائل النباتية تستخدم كاسم للنوع. ويجب أن يرفق

بالتسمية وصفاً مختصراً باللغة اللاتينية حيث أنها تمتاز بدقة المعنى وأن معاني كلماتها لا تتغير مع الزمن.


Carl von Linné
Painting by A. Roslin, 1775

شكل رقم (٦٤):

كارلوس لينيوس Carolus Linneaus.

ومع استمرار اكتشاف كائنات جديدة، ثبت رسوخ أهمية التسمية الثنائية. وطبقاً لذلك، فإن التسمية الأقدم للكائن هي المقبولة.

ومع استمرار التقدم العلمي، ظهرت الكثير من مشكلات التسمية والتي بلغت أوجها إبّان انعقاد المؤتمر الدولي في باريس عام (١٩٠٠م). وفي المؤتمرات التي تلته أُقرت تكوين

لجان تعمل على وضع الأسس اللازمة لحل هذه المشكلات. وقد نُشرت هذه القواعد الدولية في مجلة النبات The journal of Botany, June,1934.

وقواعد التسمية العلمية للفطريات (وتشمل الهلاميات الرخوة Myxomycetes فالفطريات الأشنية) سُجلت في الدليل الدولي للتسمية النباتية International Code of Botanical Nomenclature الذي أُقر عام (١٩٧٨م)، والتي أُقرت قواعدها في المؤتمرات الدولية. وقد نوقشت كل مقترحات الدليل وتم الاقتراع عليها. وقد رتب ذلك لظهور الهيئة الخاصة بالفطريات Special Committee for Fungi والتي أخذت على عاتقها مهمة دراسة المقترحات الخاصة بتسمية الفطريات والآشنة.

ويهدف الدليل لوضع الشروط لطريقة ثابتة لتسمية المجاميع التقسيمية، كما ترفض وتستبعد استخدام الأسماء التي قد تسبب أخطاء أو التباس في التسمية. وفي المؤتمر الدولي الثالث عشر للنبات، الذي عُقد في مدينة سيدني باستراليا عام (١٩٨١م)، أقرت الكثير من التوصيات والتعديلات. ومن أهمها:

- **شرعية الإشهار Valid publication**: وتنص على أن يكون اسم المسمى Taxon منشور بفعالية في المطبوعات العلمية والكتب والمجلات ذات الانتشار الواسع في المحافل العلمية، وأن يكتب باللغة اللاتينية وبحروف مائلة.

- **تاريخ البداية Starting date point**: لكل فطر معروف تاريخ تسمية، وقد اُعتمدت في الدليل تواريخ محددة للتسمية، وتعامل كل الأسماء المنشورة قبل هذه التواريخ -حتى إذا كانت مستوفاة لمتطلبات النشر الصالحة الأخرى- على أنها غير منشورة بشكل صالح. ويعتبر أول مايو (١٧٥٣م) (كتاب لينيوس Species plantarum) لتسمية الآشنة والفطريات الهلامية الرخوة Myxomycetis، ويعتبر نهاية ديسمبر (١٨٠١م) (كتاب

بيرسون Synopsis methodical fungorum) هو تاريخ البداية للفطريات البازيدية المعدية Gasteromycetes والأصداء Uredinales والتفحمات Ustiloginales. نهاية ديسمبر (١٨٢٠م) (كتاب Sternberg: Flora der Vorwelt) لأسماء الفطريات الأحفورية. أول يناير (١٨٢١م) (كتاب Fries: Systema mycologicum I) لبقية الفطريات. والأسماء المستخدمة في تواريخ البداية السابقة والتي حوتها كتب Persoon , Fries لها الأولوية المطلقة على كل المترادفات.

➢ **الأولوية "السبق" Priority**: تحدد أولوية النشر للاسم الصحيح للمسمى، والاسم الصحيح (هو الذي يطابق دليل التسمية) للنوع هو ما يحدث فيه تطابق اللقب الشرعي مع الاسم الوصفي.

➢ **اسم المصنِّف Authorities**: بعد كتابة اسم النوع، يكتب اسم المصنِّف، وعادة ما يكتب الاسم بصورة مختصرة متفق عليها. وإذا ما حدث تغيير لاسم النوع من جنس إلى آخر، فإن اسم المصنِّف الأول يوضع بين قوسين، والذي قام بالتغيير يكتب خارج القوسين، مثل: *Fusarium poae* (Peck) Wollenw. استنادا إلى الاسم الأول (*Sporotrichum poae* Peck.). أما إذا كان الاسم لم ينشر بفعالية عن طريق أحد المصنفين، وأصبح موثقاً عن طريق المصنف الثاني، فيوضع المختصر "ex" ليربط بين اسمي كلا المصنفين كما في المثال *Chaetomium undagawae* Sergejeva ex Udagawa.

تُجمع الأجناس في فصائل Family (وتنتهي أسماؤها بالمقطع aceae، ولا تكتب بحروف مائلة). وتجمع الفصائل في رتب Order (وتنتهي أسماؤها بالمقطع ales)، والرتب في طوائف Class (تنتهي أسماؤها بالمقطع mycetes). وإذا ما أُخذ الفطر *Puccinia graminis* كمثال، فهو أحد فطريات رتبة الأصداء Uredinales. وقد يأخذ الفطر تسمية ثالثة trinomials (ويعد ذلك وضعاً تقسيمياً غير صحيح).

ويمكن إيضاح المدرج التقسيمي للفطر السابق فيما يلي:

| | |
|---|---|
| Domain | Eucaryota |
| Kingdom | Fungi |
| Subkingdom | + |
| Phyum (Division) | Basidomycata |
| Subphylum | -mycoting |
| Class | Teliomycetes |
| Subclass | Teliomycetidae |
| Order | Uredinales |
| Suborder | Uredineae |
| Family | Pucciniaceae |
| Subfamily | Puccinoideae |
| Tribe | Puccinoieae |
| Subtribe | Puccininae |
| Genus | Puccinia |
| Subgenus | Puccinia |
| Section | Hetero- Puccinia |
| Species | *Puccinia graminis* |
| Subspecies | *P. gramins* |
| Variety | *P. gramins* var. stackmanii |
| Special form | *P. gramins* f. sp. avenae |
| Physiologic | *P. gramins* |
| Race | f. sp. avenae race 1 |

## ١-١٨ النظم التقسيمية

## Systems of classification

لفترة طويلة نظر جمهور البيولوجيين إلى الموجودات على أنها إما نباتات Plants أو حيوانات Animals. في البدء وضع لينيوس الفطر في رتبة الفطريات .Order Fungi L في مملكة النباتات. واستمر هذا الوضع هكذا حتى عام (١٨٠٨م)، حيث وضعها Link في



Hysterophyta. في عـام (١٨١٧م) وضعها Sprengel في Mycetes. في عـام (١٨٢٢م) وضعها Fries في Regnum mycetoideum وقسمها إلى أربعة طوائف Classes. وضعها Lindley عـام (١٨٤٦م) في Fungales، ثـم وضعها Berkeley عـام (١٨٥٧م) في Mycetales. وضعها Haeckel عام (١٨٦٦م) في Phylum: Inophyta. وفي عـام (١٨٩٦م) قـام Marchand بوضع الفطريات في طائفة Class: Mycophytes، تحت طائفة Subclass: Mycomycophyta.

في بداية القرن العشرين، عـام (١٩٠٣م) وضع Engler الفطريات في قسم Division Eumycetes، ثم وضعها Bessey عام (١٩٠٧م) في Phylum Carpomycetes. وفي عام (١٩٣١م) صنفها Pascher في Phylum Mycophyta.

حدثت أول طفرة في النظم التقسيمية عندما ارتقى Conrad بالفطريات لمستوى المملكة، أطلق عليها Kingdom Mycetalia عام (١٩٣٩م). إلا أن Tipo أعادها إلى مستوى الشعبة ضمن المملكة النباتية Phylum Eumycophyta. وفي عام (١٩٥٧م) أعادها Cejp إلى المملكة مرة أخرى وأطلق عليها Kingdom Mycota.

وفي الأعوام الأخيرة، تجمعت المزيد من الأدلة على أن وضع كل الكائنات في مملكتين فقط يعد أمراً غير منطقياً، وأن الفطريات وغيرها من الكائنات غير ذاتية التغذية Heterotrophic microorganisms ليست نباتات ولا حيوانات.

بدأ التفكير في ذلك، منذ قرن مضى عندما اقترح Maeckel توزيع الكائنات على أربعة ممالك. وبعده بخمسين عاماً اقترح Copeland عام (١٩٥٦م) نظاماً مماثلاً وذلك في كتابه Classification of lower organisms. وقد سار على نمطه Barkely في كتابه Outline classification of organisms المنشور عام (١٩٧٠م).

في عام (١٩٦٩م) اقترح Whittaker النظام الخماسيّ الممالك.

(Science, M. Y. 163, 160. 1969) .

في عام (١٩٧٤م) قام Leesdale بوضع مخطط آخر تبادلي حيث اختصر نظام Whittaker الخماسيّ الممالك إلى النظام الرباعيّ الممالك (Taxon 23:261, 1974)، حيث قام بتوزيع الأوليات Protista من مستوى البروتوزوا على الممالك الثلاث الأخرى.

أخذت بعد ذلك الدراسات التقسيمية منهجاً أخر. فبعد أن كانت الصفات الشكلية هي الأساس في التقسيم اُستخدمت الخواص السيتولوجية Cytological والحيوية Biochemistry كأسس تقسيمية.

وتبعاً لذلك، اقترح Edward (Taxon 25:329, 1976) ما يمكن وصفه بنظام الفوق مملكتين Super kingdoms هما S.K. Procaryota (أوليات النوى) و S.K. Eucaryota (حقيقيات النوى). وعمل على توزيع الفطريات على ثلاث ممالك وتنتمي جميعها لحقيقيات النوى، ذلك على اعتبار أن الفطريات متعددة الأصول Polyphyletic وهي:

١- مملكة K. Myxobionta وتضم Myxogastriomycota وDictystiliomycota وAcrasiomycota وProtosteliomycota.

٢- مملكة K. Fungi 1 وتضم Zygomycota وAscomycota وBasidiomycota وChytridiomycota.

٣- مملكة K. Fungi 2 وتضم Labyrinthulomycota وHyphochytriomycota وOomycota.

ومع التقدم العلمي في العشرين سنة الماضية، حدث تغيير كبير في النظم التقليدية المعروفة لتقسيم الفطريات. وقد اتفقت الآراء على أن يتضمن التقسيم:



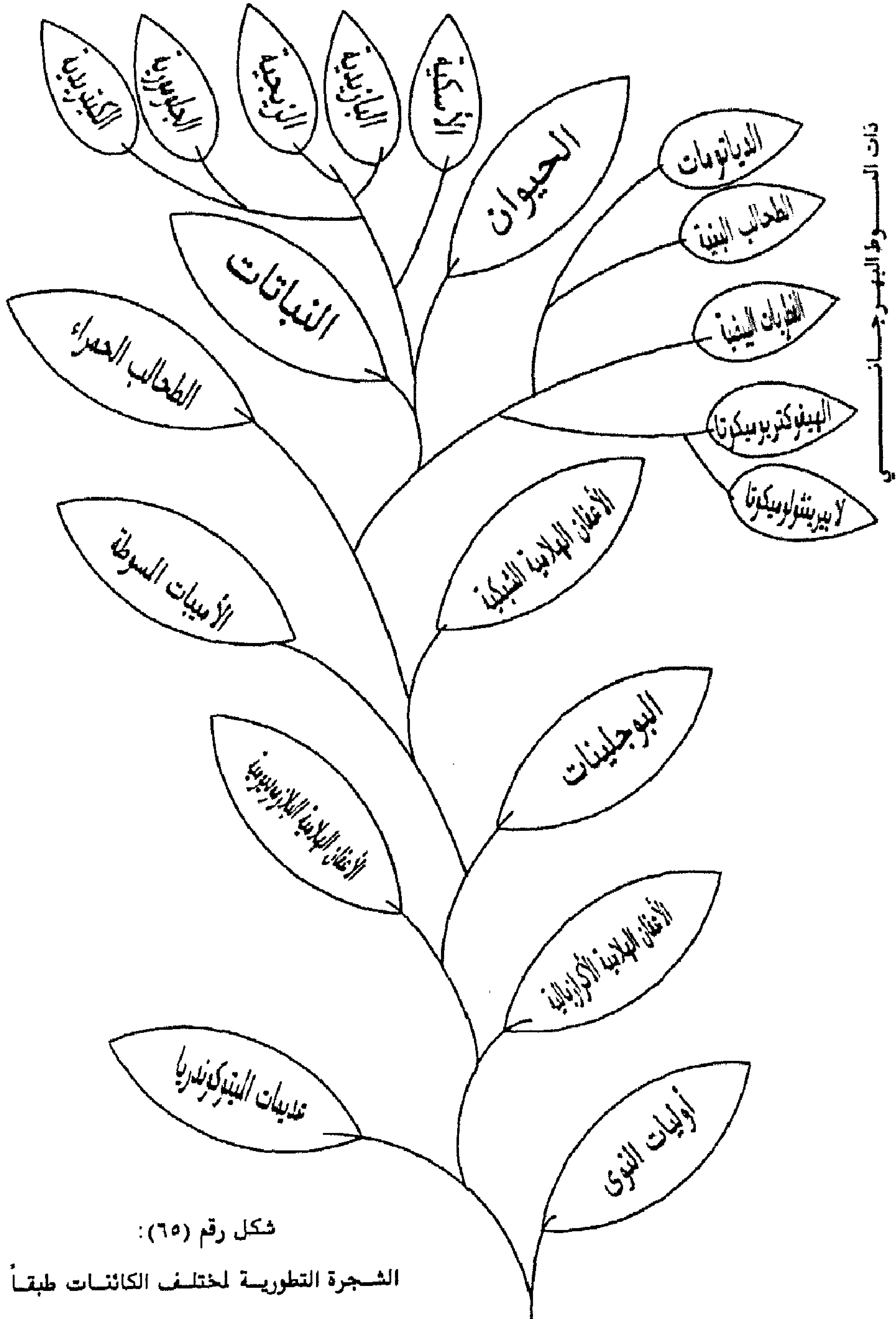
١) التعرف على الحدود الفاصلة بين الممالك، وإيضاح التباين التطوري للكائنات التي تعرف بالفطريات.

٢) قبول مختلف النتائج ذات العلاقة بالتقسيم الفيللوجيني.

٣) تطوير تطبيقات البيولوجيا الجزيئية في مجال علم الفطر.

٤) تبني الاكتشافات الجديدة للخصائص التقسيمية الحديثة والتي تشمل كذلك دراسة المستحثات (الحفريات الفطرية)، حيث أنها تمثل علامة على زمن تطوري معين في مجال الفطريات.

ويمكن توضيح العلاقات الفيللوجينية (السلفية) بين مختلف مجاميع الكائنات في الشجرة التالية: (شكل رقم ٦٥).




شكل رقم (٦٥):

الشجرة التطورية لمختلف الكائنات طبقاً للعلاقات الفيللوجينية (السلفية) بينها.

يعتمد تصميم هذه الشجرة التطورية على تحديد تتابعات القواعد النيتروجينية في جزئ DNA المسئول عن تشفير تحت الوحدة الصغرى للريبوسوم ssrDNA. وفيها يتضح أن الأعفان الهلامية الأكرازيالية Acrasioinycota قد انحرفت مبكراً في ذرية حقيقيات النوى مع أنواع خاصة من الأميبا، حيث تتميز هذه المجموعة بأن أعراف الميتوكوندريا (الكريستا) من النوع القرصي Discoidal.

وفي وقت متأخر من ذلك التاريخ، انفصلت الأعفان الرخوة البلازموديومية، والأعفان الرخوة الشبكية ذات المراحل الأميبية مستقلة كل عن الأخرى وكلاً منهما ذات أعراف ميتوكوندرية أنبوبية.

من الانحرافات ذات الأهمية البالغة فرع الاسترامينوبيلا، الذي أصبح مملكة مستقلة Kingdom chromista، تضم الكائنات المتميزة شكلياً، ذات أسواط متباينة التركيب Heterokont، وتضم الفطريات البيضية، هيفوكتريوميكوتا ولابيرانثيولوميكوتا، بالإضافة لبعض الطحالب ذات المحتوى الكلوروفيلي من النوع أ،ج وجميعها نسل وحيد الفرع.

انعزلت الطحالب الحمراء في نسل منفصل عن بقية المجموعات ولا علاقة لها بالفطريات. وتعد هذه الملحوظة على جانب كبير من الأهمية، حيث أُعتقد أن الفطريات الأسكية قد انحدرت من آباء طحلبية حمراء.

أما الفطريات الكيتريدية والزيجية والجلومورية والأسكية والبازيدية فجميعها نسل وحيد الأصل ذات علاقة وثيقة بالحيوان، وذلك عبر آباء تشبه Choanoflagellate. وفيما يتعلق بالبلازموديوفوروميكوتا، فالمعلومات لا زالت قيد الدراسة، ومع ذلك، فقد تشترك في بعض النواحي المتعلقة بجهاز الإصابة وتركيب الجسم القاعدي مع أنواع محددة من البروتوزا الهدبية وقد أثبتت نتائج تحليل ssrDNA اشتراكها في ذلك مع الهدبيات.

وطبقاً لذلك، فإن الكائنات التي عُرفت أنها فطريات توضع الآن في ثلاثة مجاميع مختلفة. فرع مملكة الفطريات Fungi وفرع مملكة الاسترامينوبيلا Stramenopilla (مملكة الكرومستا) Chromista. وأربعة شعب من الطلائعيات Protist phyla.

وبذلك تكون الكائنات السابق وصفها على أنها فطريات، تُعد الآن كائنات ليست وثيقة القرابة.

تشمل مملكة الفطريات خمسة شعب Phyla: الكيتريدوميكوتا Chtridiomycota والزيجوميكوتا Zygomycota والجلوميروميكوتا Glomeromycota والاسكوميكوتا Ascomycota والبازيديوميكوتا Basidiomycota.

تضم مملكة الاسترامينوبيلا (الكرومستا) Chromista شعب هيفوكتريوميكوتا Hyphochytriomycota ولابيرينثيولوميكوتا Labyrinthulomycola والأووميكوتا Oomycota وذلك كخطوط منفصلة عبر مجاميع طحلبية.

تعتبر الأربعة شعب: ميكسوميكوتا Myxomycota وديكتيوستليوميكوتا Dictyosteliomycota والأكرازيوميكوتا Acrasiomycota والبلازموديوفوروميكوتا Plasmodiophoromycota منتمية للبروتوزوا Protozoa.

وبالرغم من أن هذه المجاميع عُرفت في وقت ما بالأعفان الرخوة Slime-molds، فإنه يبدو أن أواصر القربى بينهم لازالت مفقودة.

والشجرة التطورية السابق وصفها تشمل الكائنات التي كانت في يوم ما تعتبر جميعها فطريات. وسوف تساعد هذه الشجرة في إيضاح بعض الآراء الهامة وهي Monophyly وحيدة الفرع، العلاقات الأخوية بين مجاميع Sister group relationship وعديدات الفروع Polyphyly والفروع المتوازنة التطور Paraphyly.

## ١ـ١٨ـ١ الصفات التقسيمية

## Taxonomic characters

تُعرف هذه الصفات على أنها أي صفة في الكائن يمكن أن تعمل كأساس مقارنة مع غيره من الكائنات، ويعرف اختلاف التعبير عن الصفة بـ Character states: فمثلاً جراثيم الفطريات قد تكون ملساء أو منمنمة، وكل حالة تمثل حالة مختلفة لنفس الصفة.

ويعمد المشتغلون بعلوم الفطر إلى استخدام كثير من خواص الصفات لتساهم في دراساتهم التطورية. تشمل هذه الصفات النواحي الشكلية والتشريحية والتراكيب فائقة الدقة والكيمياء الحيوية وتعاقبات الأحماض النووية وغيرها. وتُعد الصفات هي أساس بناء الشجرة السلفية.

تُعد الدراسات الشكلية هي الأسهل، حيث أنها تبدو للعيان باستخدام طرق التكبير المجهري العادي، وتشمل شكل الثالوس، تكوينه، لونه، حجمه، التراكيب المنتجة للجراثيم. ومع حلول عام (١٨٨٧م) شكلت أسس دورات الحياة والنواحي الشكلية له أساس تقسيم الفطريات. وقد ساهمت هذه الدراسات في تقسيم الفطريات الأسكية والبازيدية.

مع بداية عام (١٩٦٠م) ظهر الميكروسكوب الإلكتروني كوسيلة أساسية في دراسة التراكيب الفطرية. وقد لعب هذا الميكروسكوب دوراً هاماً في دراسة تركيب الأسواط والانقسام النووي وتركيب جدر الكيس الأسكي، العضيات والعلاقات الخلوية بينها، توالد الكونيديات والتركيب الداخلي للميتوكوندريا. كما أدى الميكروسكوب الإلكتروني الكاسح لمزيد من الدراسات حول الشكل الخارجي للجراثيم والمنمنمات وغيرها من التفاصيل الدقيقة. وقد لعبت طرق الصبغ المختلفة دوراً هاماً في التعرف على مواقع الكثير من المركبات الحيوية.

لعبت الدراسات الكيموحيوية دوراً هاماً في تحديد مدى التشابه بين الحيوانات والفطريات والفروق الأساسية بين الفطريات والأسترامينوبيلا. ويعد التحليل الكيماوي والفصل الكهربي للبروتينات والنظائر الإنزيمية من أهم الأدوات التي أُستخدمت في هذه الدراسات، كما لعبت دوراً هاماً في التمييز بين الخمائر.

يُعد تحليل طبيعة الطبقة التحتية، والعلاقات بين الفطر والعائل في مجال أمراض النبات والتوزيع الجغرافي للفطريات والأمراض التي تسببها من الخواص المفيدة في تقسيم الفطريات. وقد أُدخلت حديثاً التقنية الجزيئية كصفة أساسة في التقسيم.

دخلت عملية دراسة تتابعات قواعد DNA في التحليل السلفي كأداة هامة من أدوات الدراسة، كما أثبتت قيمتها الفائقة في تحديد الاتجاهات التطورية في الشجرة السلافية.

أمكن تعقب عدداً كبيراً من جينات الفطريات وتحديد تتابعاتها النيوكليديتيه والجينات الميتوكوندرية وعدة جينات مشفرة لبناء البروتين. وقد تركزت دراسات عدة على الجينات المشفرة للحمض النووي الريبوزي rDNA، وقد اشتملت الدراسات على تحديد عدد نسخ هذه الجينات في الجينوم الوراثي للفطر، والعلاقة النسبية بين القواعد، وبناء الـ DNA وغيرها.

ومع تجمع نتائج هذه الدراسات، فقد تشكل العمود الفقاري لتقسيم الفطريات. كما لعب PCR (Polymerase chain reaction) دوراً حاسماً في هذه الدراسات وأضحى أداة هامة من أدوات التقسيم وتحديد درجة قرابة الأنواع لبعضها البعض.

## ١ـ١٨ـ٢ تعريف النــــوع

## Species concept

تتباين وتتعدد طرق تعريف النوع بتباين طرق تصميم وبناء الشجرة التطورية. إلا أنه إجمالاً توجد ثلاث آراء أساسية بشأن تعريف النوع الفطري. الأول هو ما يعرف بالنوع المورفولوجي (الشكلي). وهو يعتمد فقط على الخواص الشكلية للفطر، وفيها يعمد المشتغلون بالعلم بتقسيم وتعريف الأنواع على أسس التباينات والتشابهات بينها في الصفات. وقد عُرِّفت غالبية أنواع الفطريات على هذه الأسس. والرأي الثاني وهو يعرف بالنوع البيولوجي Biological species وفيه يُعرف النوع على أنه العشيرة الطبيعية أو عشائر الأفراد والتي تتزاوج فعلياً أو حفزياً وتعزل تكاثرياً عن غيرها من العشائر. ومن الواضح أن هذا الرأي يستحيل تطبيقه على الفطريات المتكاثرة لا جنسياً والتي لم يعرف لها طور جنسي، إلا أنه استخدم مع الفطريات الأسكية والبازيدية، حيث تزرع جرثومة مفردة مع أخرى غيرها على نفس الوسط ودراسة الدلائل على حدوث الآلية الجنسية بعد فترة مناسبة. ويعتبر النوع *Neurospora sitophila* من الأنواع التي عرِّفت بهذه الطريقة. والرأي الثالث هو Phylogentic species والذي أصبح واسع الانتشار في الفطر بسبب الزيادة الكبيرة في استخدام الطرق الفيلوجينية. ويعد تطبيق توافق DNA في الخمائر، وهي المجموعة ذات التباينات الشكلية البسيطة من الأمثلة الهامة في عالم الفطريات. ويُعد تطبيق هذا الرأي من الصعوبة بمكان عندما يحدث التهجين بين ذريات من فروع تطورية مختلفة.

وبسبب تباين الآراء في تعريف النوع، فإنه يصعب قبول رأي محدد فيما يتعلق بتعريف النوع بين الميكولوجيين.

## ١-١٩ تقسيم الفطريات

فيما يلي مفتاح مبسط لتقسيم شُعب الفطريات :

### مفتاح لشُعب الفطريات

### Key to fungal phyla

| | | |
|---|---|---|
| ١. | يوجد طور ملتقم. | 2 K. (Protozoa) |
| – | لا يوجد طور ملتقم. | 5 |
| ٢. | الطور الملتقم خارجي المعيشة. | 3 |
| – | الطور الملتقم داخلي التطفل بين خلوي. | Phylum Plasmodiodiophoromycota |
| ٣. | الطور المثل بلازموديوم رميّ المعيشة. | Phy. Myxomycota |
| – | الطور المثل ميكسواميبات حرة المعيشة وقبل تكاثرها تعطي بلازموديوم كاذب. | 4 |
| ٤. | الميكسواميبات ذات قدم كاذبة طويلة Lobose ونواتها ذات نوية مركزية. | Phy. Acrasiomycota |
| – | الميكسواميبات ذات قدم كاذبة Filose وللنواة نويتان أو أكثر محيطية. تتجمع لتعطي تيار متصل في أثناء تطور البلازموديوم الكاذب. | Phy. Dictyosteliomycota |



| | |
|---|---|
| ٥. الطور المتحرك بأسواط بهرجانية الطراز، جدر الخلايا غالباً من السليولوز. | 6 King. Chromista |
| – إذا ما وجد طور متحرك بالأسواط فإنها تكون كرباجية الطراز، جدر الخلايا من الشيتين. | 8 King. Fungi |
| ٦. الطور المغتذي شبكة أكتوبلازمية تنزلق عليها أو فيها الخلايا. | Phy. Labyrinthulomycota |
| – الطور المغتذي ليس شبكة أكتوبلازمية ولا توجد خلايا منزلقة. | 7 |
| ٧. الجراثيم السابحة ذات سوط طرفي وحيد. | Phy. Hyphochytrimycota |
| – الجراثيم السابحة ذات سوطين. | Phy. Oomycota |
| ٨. توجد جراثيم سابحة متحركة. | Phy. Chytridiomycota |
| – لا توجد جراثيم سابحة. | 9 |
| ٩. الجراثيم اللاجنسية Mitospores داخلية التكوين تتكون في أكياس اسبورانيجية (أو أن التجمعات اللاجنسية تنشأ من كيس اسبورانيجي). تنشأ الجراثيم الزيجية من اتحاد هيفات. فطرياتها إما مترممات أو متطفلات ضعيفة على النباتات أو ممرضة للحشرات أو قد تعطي جذر فطريات | |

| | |
|---|---|
| مــــع عوائلـــــها مـــن النبـــــات Arbuscular mycorrhiza. | 10 |
| - الجراثيم اللاجنسية (الكونيدية) خارجية. | 11 |
| ١٠. الفطريات مترممات أو متطفلات حقيقية على النباتات والبعض ممرض للحشرات والأوليات. | Phy. Zygomycota |
| - تكوّن الفطريات جذر فطريات داخلية arbuscular myeorrhiza مع عوائلها النباتية. | Phy. Glomeromycota |
| ١١. الجراثيم التي تنشأ بالاختزال الكروموسومي Meiospores داخلية تتكون في زقاق sci. | Phy. Ascomycota |
| - الجراثيم التي تنشأ بالاختزال الكروموسومي خارجية، تتولد على حامل بازيدي. | Phy. Basidiomycota |

- وفيما يلي مقترح تقسيمي للفئات العليا متضمنة الفطريات:

Kingdom: Protozoa
- Phylum: Acrasiomycota
- Phylum: Dictyostelimycota
- Phylum: Myxomycota
  - Class: Myxomycetes
  - Class: Protosteliomycetes
- Phylum: Plasmodiphoromycota



Kingdom: Chromista
    Phylum: Hyphochytriomycota
    Phylum: Labyrinthulomycota
    Phylum: Oomycota

Kingdom: Fungi
    Phylum: Chytridiomycota
    Phylum: Zygomycota
        Class: Zygomycetes
        Class: Trichomycetes
    Phylum: Glomeromycota
        Class: Glomeromycetes
    Phylum: Ascomycota
    Phylum: Basidiomycota
        Class: Basidiomycetes
        Class: Teliomycetes
        Class: Ustomycetes

## مراجع للاستزادة


- Bessey, E.A. (1942). Some problems in fungus phylogeny. Mycologia 34:355-379.
- Martin, G.W. (1968). The origin and status of fungi. In.G.C. Ainsworth and A.S. Sussman (eds). The fungi. VOL III. Pp 675-648. Academic Press, New York.

## مراجع عامة للاستزادة


- Hawksworth, D.L., B.C. Sutton and G.C. Aineworth et al, (1983). Dictionary of the fungi. Commwealth Mycological Institute. Key-Surrey.
- Adams, T.H. (1994). Pp 367-382 in N.A.K. Grw and G.M. Gadd, (eds). The Growing Fungus. Chapman &Hall, London.
- Cde, G.T. (1988). Models of Cell Differentiation in Conidial Fungi. Microbial. Rev. 50:95-132.
- Carlile, M.J. and Watkinson, S.C. (1994). The Fungi. Academic Press, London.
- Elliott, C.G. (1994). Reproduction in Fungi, Genetical and Physiological Acpects. Chapman &Hall, London.
- Kamper, J., Bolker, M. and Kahmann, R. (1994). Mating-Type genes in Heterobasidiomycetes. Pp 323-332. in J.G. Wessels and F. Meindhardt, (eds.). The Mycota, Vol. 1, Growth Differentiation and Sexuality. Springer- Verlag, Berlin.




2

# مملكـــــة البروتـــــوزوا

# KINGDOM PROTOZOA

- ٢-١ شعبة أكرازيوميكوتا Phylum Aerasiomycota
- ٢-٢ شعبة دكتيوستيليوميكومتا Phylum Diclyosteliomycota
- ٢-٣ شعبة ميكسوميكوتا Phylum Myxomycota
- ٢-٤ شعبة بلازموديوفوروميكوتا Phylum Plasmodiphoromycota

# مملكـــة البروتـــوزوا
# Kingdom Protozoa

هـي أحـد ممالـك حقيقـات النـواة Eukaryota، غالبـاً كائنـات وحيـدة الخليـة، بلازموديوم، أو مستعمرات تعيش بالالتقام، عديمـة الجـدار في طورهـا المغتـذى، الشـعيرات الهدبيـة ليسـت صـلبة أو أنبوبيـة، إذا وجـدت بلاسـتيدات فهـي لا تحتـوي النشـا، Phycobilisomes (الأجسام الفيكوبيلية) ذات صـفائح thylakoid وعنـق وغيـاب الأغشـية الثلاثية التي تحيط بغلاف البلاستيدات. الأنواع عديدة الخلايا ذات درجة متدنيـة في سلم التطور ولا تربطها أنسجة كولاجينية.

وضعت مملكة البروتوزا مع مملكـة Chromista في مملكـة أكـبر اتسـاعاً، أُطلـق عليهـا مملكـة Protoctista (مـرادف Protista)، إلا أن هـذا الوضـع رفـض تمامـاً لكـثير مـن الاعتبارات الخاصة بالبيولوجيا الجزئية.

قسم Cavalier-Smith (1993) هذه المملكة إلى ثمانيـة عشـر شـعبة Phyla إلا أن Corliss (1994) جعلها أربعة عشر شعبة فقط، منها أربعة تهم المشتغلين بعلم الفطر هي:

- شعبة اكرازيوميكوتا. Phylum Acrasiomycota (Syn. Acrasiomycetes)
- شعبة ديكتيوستيليوميكوتا
  Phylum Dictyostelimycota (Syn. Dictyosteliomycetest)
- شعبة ميكسوميكوتا
  Phylum Myxomycota (includes Ceratiomyxomycetes, Myxomycetes, Protosteliomycetes)
- شعبة بلازموديوفوروميكوتا
  Phylum Plasmodiophoromycota (syn. Plasmodiophoromycetes)

# ٢-١ شعبة اكرازيوميكوتا

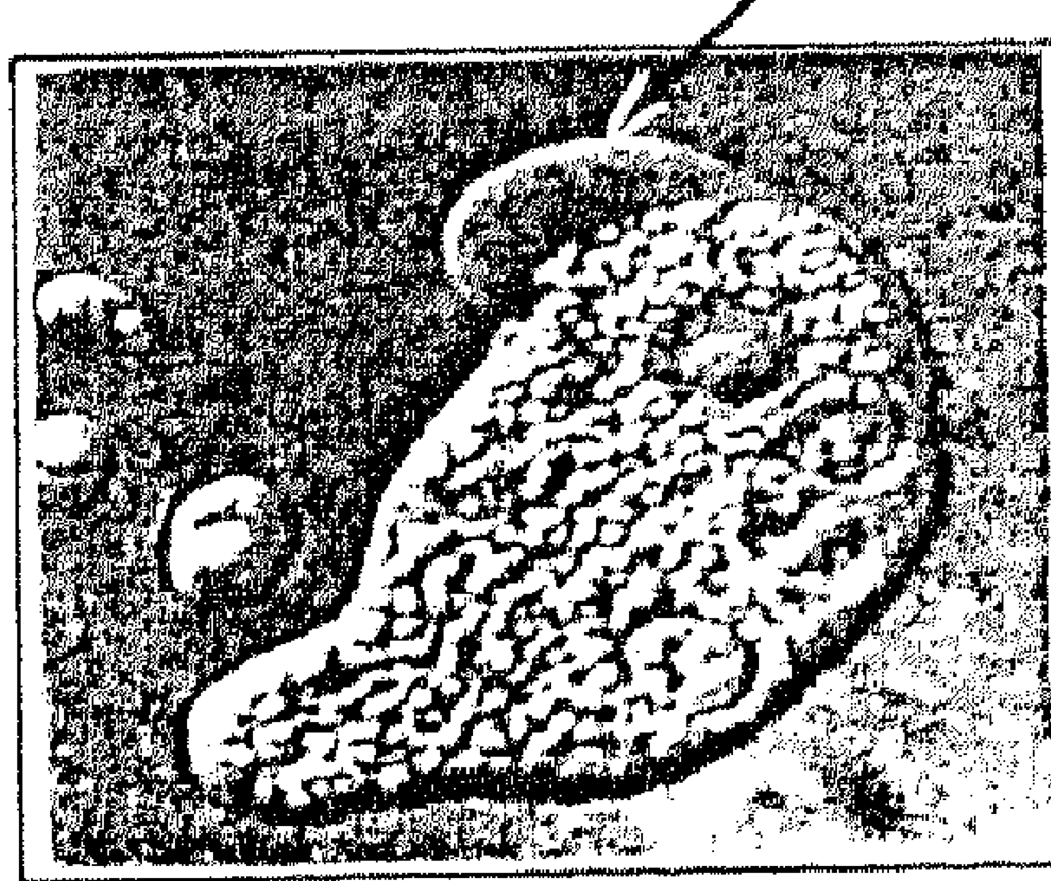
# Phylum Acrasiomycota

## الأعفان الهلامية الخلوية الاكرازيدية

## Acrasid cellular slime molds

تضم شعبة الأكرازيوميكوتا ثلاثة وعشرين نوعاً، موزعة على ستة أجناس في ثلاثة فصائل، هي الفصيلة الأكرازيدية والفصيلة الكوبروميكسية والفصيلة الجوتيولينوبسيدية وجميعها تضمها رتبة واحدة هى رتبة الأكرازيالات Order Acrasiales.

الطور المغتذي هو خلية أميبية إسطوانية الشكل تعيش على التهام ما يتوافر في الوسط من بكتريات مثل بكتريا القولون *E.coli* أو على بعض الخمائر صغيرة الحجم مثل خميرة البيرة. والخلايا الأميبية من النمط الذى يعرف Limax type حيث أن لها قدم كاذبة مفردة كبيرة، البلازم الداخلي محبب الشكل الذى ينفصل بوضوح عن القدم، وتحدث الحركة عن طريق الإندفاع الأمامى للسيتوبلازم. تعرف النهاية الخلفية للأميبا Uroid وتحوي فجوة منقبضة وقدم كاذبة صغيرة تنشأ من هذه المنطقة (شكل رقم ٢-١-١). الثمرة الجرثومية عديدة الجراثيم، ولا توجد أطوار سابحة، ولم يعرف لأفراد هذه الشعبة تكاثر جنسي بعد.



شكل رقم (٢-١-١): صورة ضوئية للخلية الأميبية للنوع Acrasis rosea.

يشير السهم للنهاية الخلفية.*

---

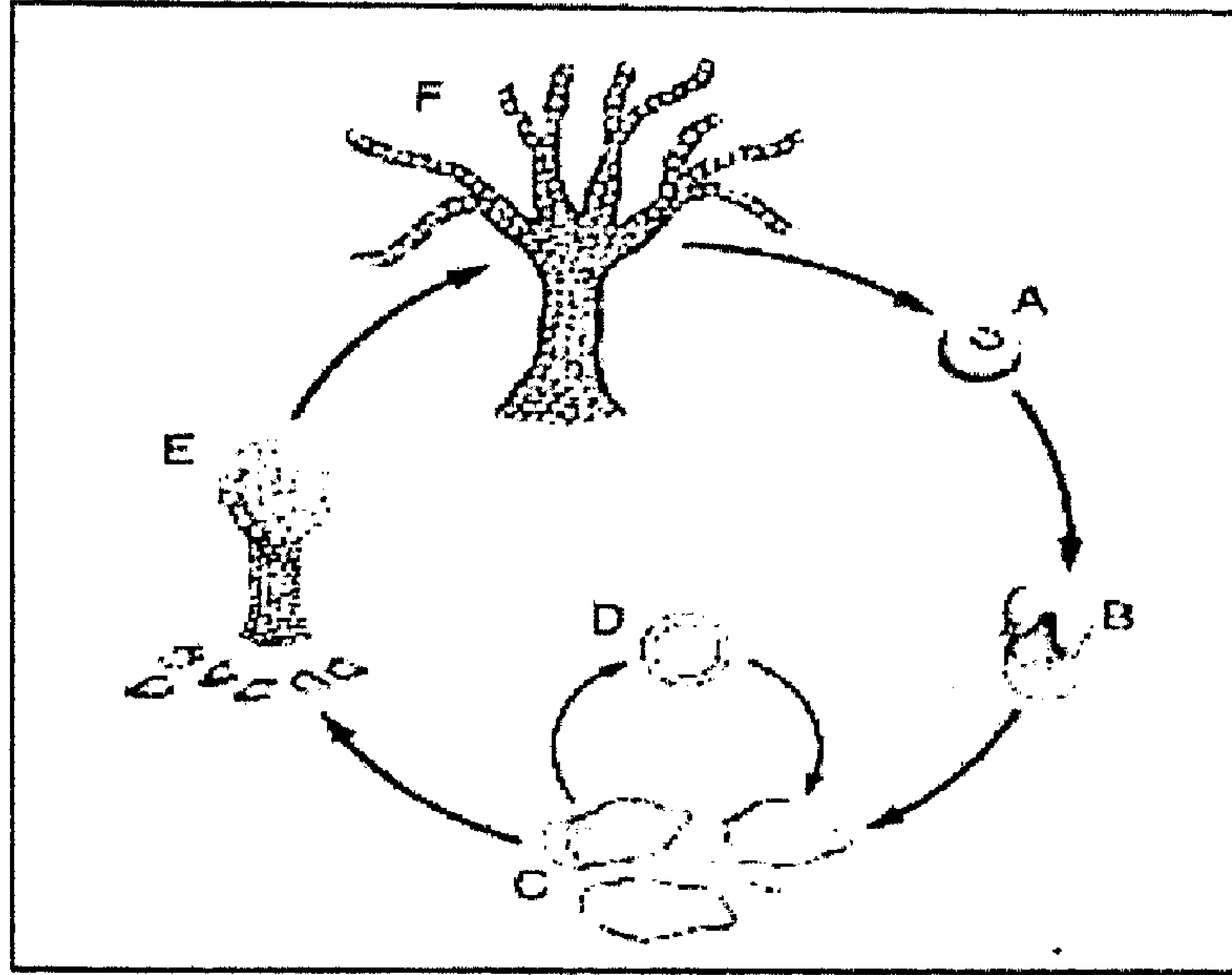
* عن Alexepolus: انظر قائمة المراجع

تستمر الخلايا في الإنقسام وتتزايد أعدادها ثم تبدأ في التجمع الذى يعقبه تكوين الجسم الثمرى الكاذب. يرتحل الجسم لفترة، ثـم يبـدأ في التمـايز ليعطـي الجسـم الثمـري البثـري sorrocarp. وقد اتضح أن الأميبات لا تستجيب لـ AMP، الفورمـون المسئول عـن تجمـع الأميبات في غيرها عن الشعب. (شكل رقم ٢-١-٢).

توضح الصور الفائقة التكبير للأميبا احتواء الميتوكوندريا على أعراف صفائحية الشكل Platelike cristae محاطة بشبكة بلازمية داخلية محببة وعضية متميزة تُعرف بـ P-body لم يعرف لها دور في فسيولوجيا الخليـة الأميبيـة. وقـد وجـد أن الخليـة قـد تحتـوي علـى صبغات كاروتينية معطية إياها لوناً قرمزياً.

تؤدى الظروف السيئة التي قـد تتعـرض لهـا الأميبـات بصـورة مفاجئـة لأن تتحوصـل مكونة microcysts، حيث تحاط الخلية بجدار صلب لم يعرف تركيبه.

فـي الظـروف البيئيـة المواتيـة، قـد تتجمـع أميبـات النـوع *Acrasis rosea* لتعطـي البلازموديوم الكاذب والذي يعقبه تكـوين الثمـرة البثريـة. والثمـرة البثريـة الناضـجة تشـبه شجرة قرمزية اللون، وتشكل الخلايا السـاق "الجـذع" وتتركـب الأفـرع مـن بضـعة أو عـدة سلاسل مـن الجـراثيم. والثمـرة الجرثوميـة، باسـتثناء تلـك الموجـودة في النهايـات الطرفيـة لسلاسل الجراثيم، تتغطى بغلاف يشبه الغشـاء سـهل الكسـر، ولم تعـرف طبيعتـه. يمكـن للجراثيم أن تنبت وكذا خلايا الجذع لتعطى خلايا أميبية جديدة.




شكل رقم (٢-١-٢) دورة حياة *Acrasis rosea*:

A : جرثومية ناضجة.

B : جرثومة نابتة.

C : أميبا.

D : حويفظة.

E : تجمع الخلايا لتكوين الثمرة الجرثومية.

F : ثمرة جرثومية ناضجة.

ويوضح (شكل رقم ٢-١-٣) بعض أشكال الثمار البثرية لأجناس شعبة الأكرازيالات.

وفيما يلى مفتاح مبسط لفصائل رتبة الأكرازيالات.

أ – خلايا الجسم البثرى تتمايز إلى جراثيم وخلايا جذع Family Acrasidiaceae

أأ – خلايا الجسم البثرى متماثلة.

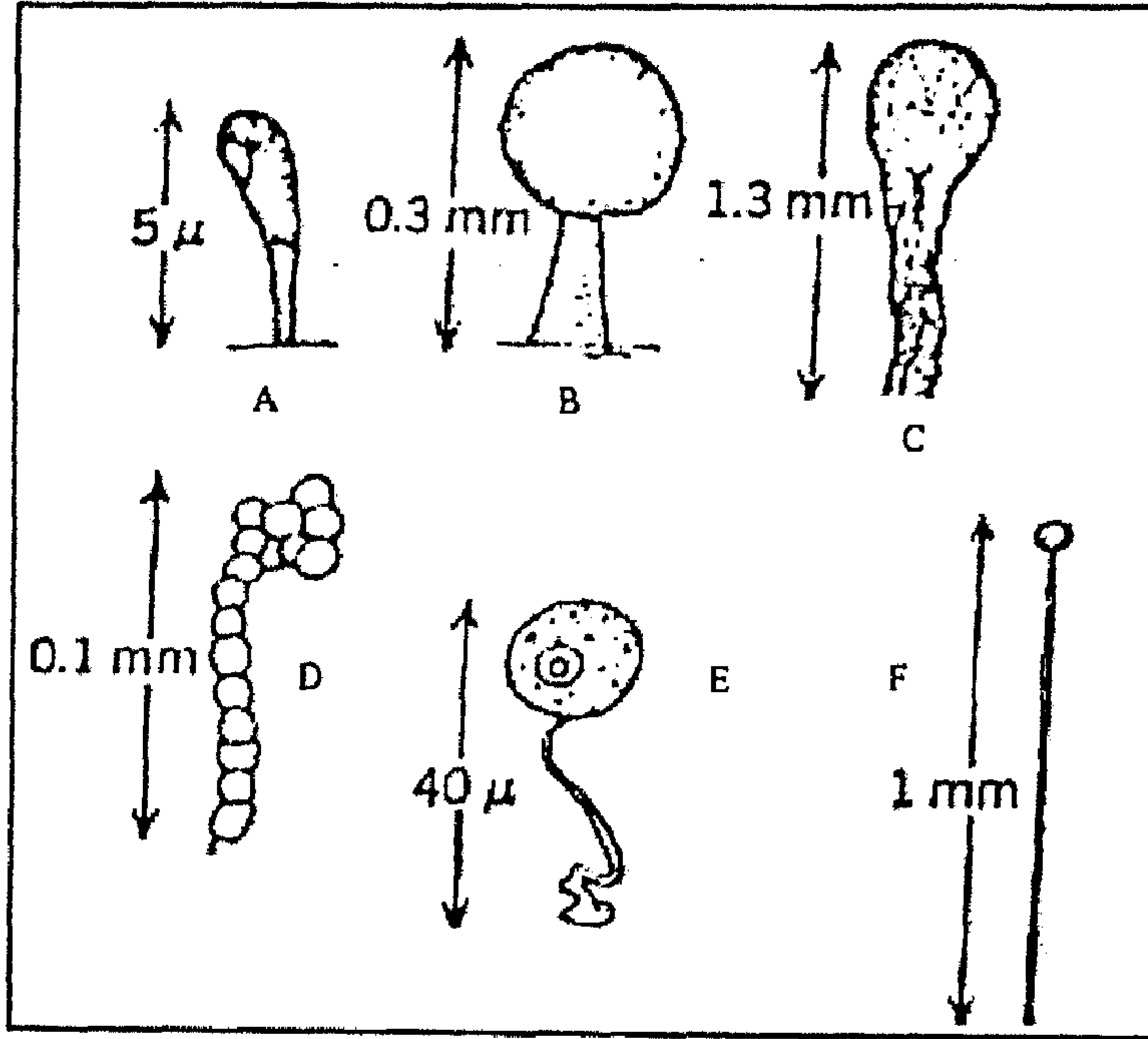
ب – ينشأ الجسم البثرى من الطبقة التحتية مباشرة Family Copromyxaceae

ب ب – ينشأ الجسم البثرى من بلازموديوم كاذب صفائحى الشكل

Family Guttulinopsidaceae

أهم أجناس الفصيلة الأولى الجنس *Acrasis* والثانية *Copromyxa*, *Copromyxella*

والثالثة *Guttulina*,*Guttylinepsis*.




شكل رقم (٢-١-٣) الثمار البثرية لأجناس شعبة اكرازيوميكوتا

A : الجنس *Sappinia*

B : الجنس *Guttulina*

C : الجنس *Guttulinepsis*

D: الجنس *Acrasis*

E : الجنس *Protostelium*

F : الجنس *Acutostelim*

# مراجع للاستزادة


- Blanton, RL (1990) – Phylum Acrasea. pp. 75-87. In Handbook of Protoctista, Eds. L.Margulis J.O.Corliss, M. Melkonian, and D.J. Chapman. Mones and Bartlett, Boston.
- Deasey M.C. (1982). Spore formation by the cellular slime mold *Fonticula alba*. Mycologica 74: 607 – 613.

## ٢-٢ شعبة دكتيوستيليوميكوتا

## Phylum: Dictyosteliomycota

### الأعــفان الهلامية الخلويـــة

### Cellular Slime Molds

يطلق على أفراد هذه الشعبة الأعفان الهلاميـة الخلويـة، تضـم أربعـة أجنـاس تحـوى قرابـــة الخمســـين نوعـــاً، موزعـــة علـــى فصـــيلتين: همـــا الفصـــيلة الأكتيوســـتيلية Fam. Actyosteliaceae وتضـم جنسـاً واحـداً، والأخـرى الفصـيلة الديكتيوسـتيلية Fam. Dictyosteliaceae وتضم الثلاث أجناس الأخرى، الفصيلتين تضـمهما رتبـة واحـدة هى رتبة الديكتيوستيليالات Order Dictyosteliales يكثر انتشار أفراد هـذه الشـعبة علـى سطح التربة وكذا على بقايا أوراق الغابات المتساقطة، وأفرادها واسعة الإنتشار عالميـاً حتـى في الصحارى الجليدية في ألاسكا.

أفـراد الشـعبة تتميـز بـأن خلاياهـا أميبيـة ذات قـدم كاذبـة خيطيـة، تعطـى ثمـاراً جرثومية معنقة، الثمرة عديـدة الجـراثيم، الجـراثيم غـير مسـوطة، كمـا يمكنهـا أن تتكـاثر جنسياً.

اسـترعى النـوع *Dictyostelium discoideum* اهتمـام البيولـوجيين والكيميـائيين المهـــتمين بالعلاقـــات الخلويـــة والنشـــأة الشـــكلية التطوريـــة. يمكـــن تنميـــة أميبـــات *D. discoideum* على مزارع غذائية مزروعة سلفاً ببكتريا القولـون *E. coli*، حيـث تتغـذى الأميبات عليها بالالتقام phagocytosis، فتلتهم الأميبات البكتريات في فجوتها الغذائيـة، حيث تهضم ويتم تحليلها، ثم تقوم الخلية بإمتصاص نواتج التحليل.

فى الظروف البيئية والغذائية المناسبة، تنقسم نـواة الخليـة ثـم يتبعهـا إنقسـام الخليـة الأميبية إلى خليتين، ويستغرق ذلك قرابة الثلاث ساعات، فتتزايد أعداد الأميبـات بسـرعة

مذهلة، وقد أمكن إستحداث سلالة مطفرة، أمكن تنميتها على أوساط غذائية سائلة، وفى هذه الحالة يستغرق وقت الجيل قرابة التسع ساعات، ويلاحظ أن التغذية تتم بالالتقام ingestive، إلا أن الخلايا تستطيع تناول المواد الأكبر حجماً بالالتهام phagocytosis.

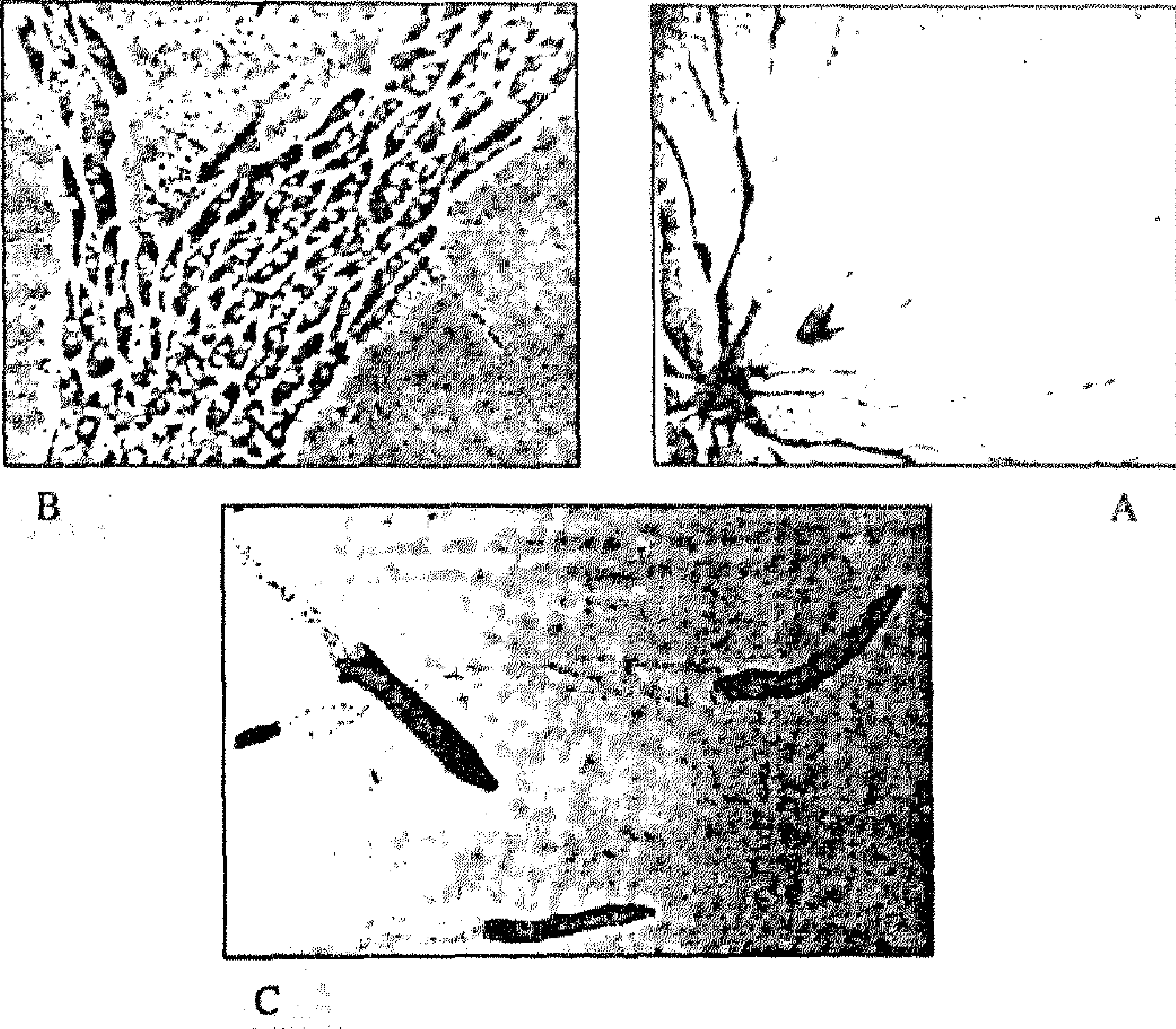
يتراوح قطر الخلية الأميبية عشرة ميكرومترات تقريباً، وتوجد بالخلية، بالإضافة للفجوة الغذائية، فجوة منقبضة contractile vacule تعمل على طرد الماء الزائد عن حاجة الخلية، وتوجد بها نواة أحادية الصبغيات، ذات سبعة كروموسومات، محتوى الحمض النووى DNA قليل جداً مقارنة بغالبية حقيقيات النوى، فهو يعادل ١٢ مرة حجم الجينوم في بكتريا القولون، أى قرابة ٥٠ مليون من أزواج القواعد.

تعددت الدراسات الوراثية على هذا الكائن، عن طريق استخدام الدورة الجنب جنسية parasexual cycle. من حين لآخر قد يحدث إتحاد خلوى، يعقبه إندماج نووى بين الأميبات مما يؤدى لإنتاج خلايا أميبية ثنائية الصبغيات، ويحدث ذلك بمعدل ١٠$^{-٥}$ – ١٠$^{-٦}$، إلا أنه أمكن عزل الأميبات ثنائية الصبغيات. مثل هذه الأميبات قد تفقد كروموسومات الواحد تلو الآخر، فتتحول تدريجياً إلى aneuploids وفى النهاية إلى أحادية الصبغيات ويمكن تشجيع عملية العودة إلى الطور الأحادى الصبغى بوسائل خاصة. وتعد عملية فقد الكروموسومات التدريجي على جانب كبير من الأهمية، حيث يمكن عن طريقها إجراء التحاليل الوراثية، كذلك، فقد تحدث عملية عبور مما يؤدى لظهور مجموعات بينية بين المجامع الوراثية.

تنجذب الأميبات إلى الخلايا البكتيرية عن طريق منبهات كيماوية chemotactic respons، وتتنافر الخلايا الأميبية فيما بينها عن طريق عامل لم يعرف بعد، تعمد الأميبات على إفرازه، وبذلك تتجنب عملية زيادة الأعداد في وحدة المساحة، مما يؤدى لتوزيعها على أماكن الوفرة البكتيرية. ويعتبر حمض الفوليك هو أحد عوامل

الجذب الكيماوي، وعندما تصل الأميبات لمصدر الحمض، تعمل على تحطيمه إنزيمياً. وتتجه دائماً إلى مصدر الإفراز المتجدد من حمض الفوليك، وبذلك تضمن إمداداً مستمراً من الخلايا البكتيرية.

وعندما تنفد الخلايا البكترية من الوسط، يتغير سلوك الأميبات، فهى تكف عن عملية التنافر فيما بينها، وتعطل الإستجابة لحمض الفوليك ويبدأ بعضها في إطلاق مركب ٣، ٥ أدينوزين أحادى الفوسفات الحلقى cAMP وغيره من المركبات التى تستجيب لها إنجذابياً وبذلك ينشأ ما يمسى بمراكز التجمع Attracted centres وهى تعمد لإطلاق نبضات متتالية من هذا المركب كل عدة دقائق وبذلك تتحرك الأميبات القريبة نحو المركز في الزحف تجاهه لمدة ١٠٠ ثانية، فيغطى مساحة ٢٠ ميكرومتر، ثم تفرز دفعات من cAMP تعمل على إبعاد الأميبات عن المركز، وبعد دورة من الجنوح، تسترد الأميبات حساسيتها لهذا المركب، وتصبح مستعدة لدفعات أخرى منه. مثل هذا النظام المتجدد يمكن أن يجذب الأميبات من مسافة سنتيمتر أو أكثر، ويصبح كل مركز محاط بمجال من الأميبات التى تتحرك تجاهه. وباستخدام الميكروسكوب ذو المجال المظلم يلاحظ وجود حلقات متبادلة من الأميبات الزاحفة وتبدوا خلاياها متطاولة ولامعة، وأخرى ساكنة، مستديرة، داكنة، وبعد فترة يتحول المجال إلى تيار متحرك تجاه المركز، وفى النهاية، فإن الأميبات الواقعة تحت تأثير مركز التجمع، تصل وتتراكم في المركز. ويتوقف حجم التجمع على عدد العشيرة الأميبية عند إستنفاذ الغذاء والتى قد يتراوح عددها من عدة مئات إلى مئات الألوف من الخلايا الأميبية (شكل رقم ٢-٢-١).




شكل رقم (٢-٢-١): تجمع الأميبات في الكائن *Dictyostelium discoideum*

A : مركز التجمع

B : هجرة الأميبات الفردة نحو مركز التجمع حيث يشير السهم

C : شكل عام للجسم البلازمويدى الكاذب الناتج عن التجمع. *

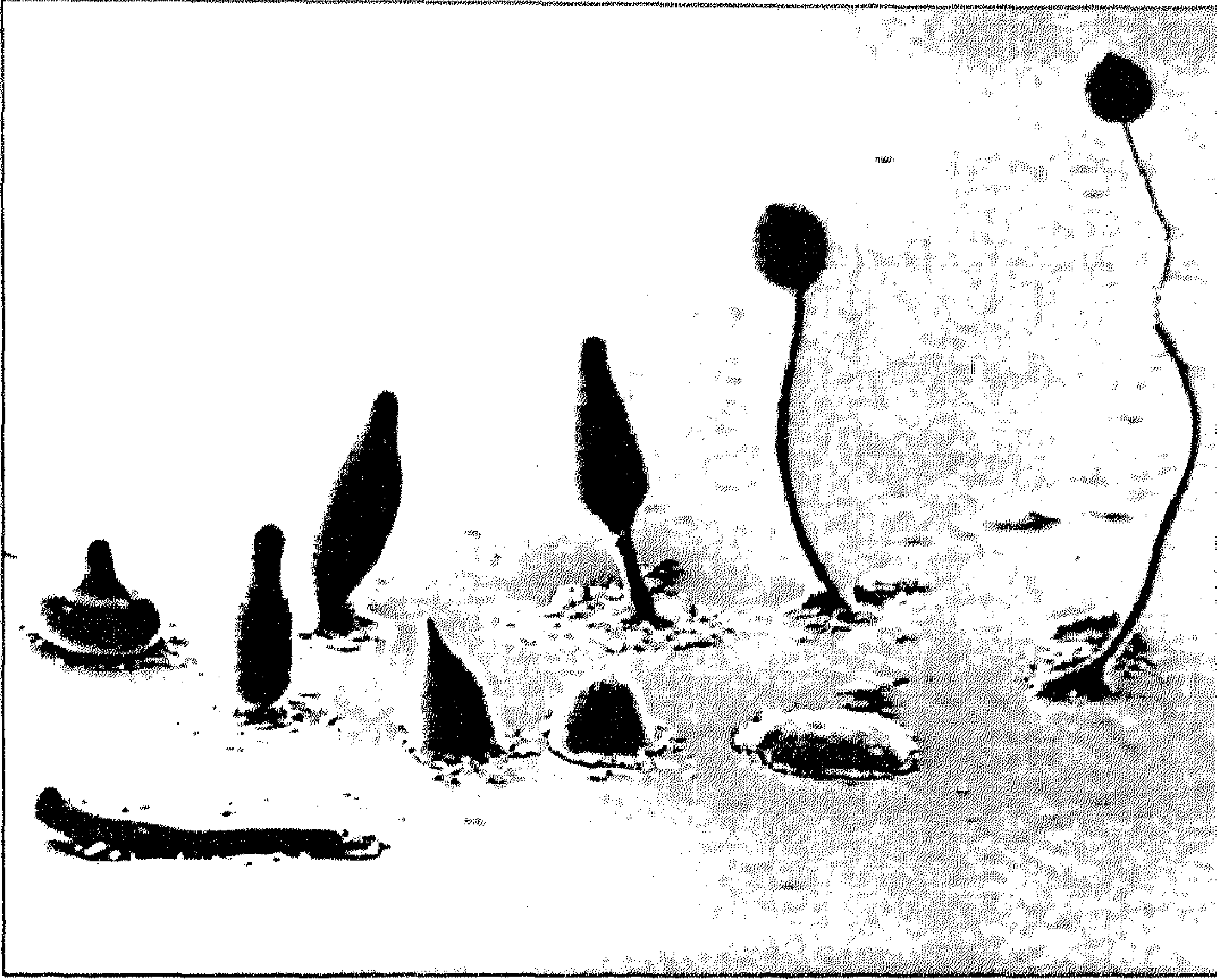
بالإضافة لمادة cAMP كعامل تجميعى، فقد ثبت وجود عوامل أخرى، إلا أنه قد ثبت أن مادة cAMP تعمل على جذب عدة أنواع من جنس *Dictyostelium* بالإضافة للنوع *D. discoideum* وتوجد من الأدلة ما يؤكد على أن المركز الواحد قد يعمل على جذب أكثر من نوع. وإذا ما حدث هذا، فإن آلية فرز للأنواع المختلفة تبدأ عملها فوراً، مؤدية لتكوين مراكز تجمع يضم كل منها نوعاً واحداً. ويرجع ذلك لوجود عامل التصاق

* انظر Garraway and Evans : قائمة المراجع

متخصص للنوع وهو مركب بروتيني، ولهذا البروتين موقعين يرتبط بهما مع معقد سكرى على سطح الخلايا، وبذلك يعمل على التصاق خلايا النوع الواحد. ويسمى البروتين المسئول عن الإلتصاق في النوع *D. discoideum* الديسكويدين Discoidins.

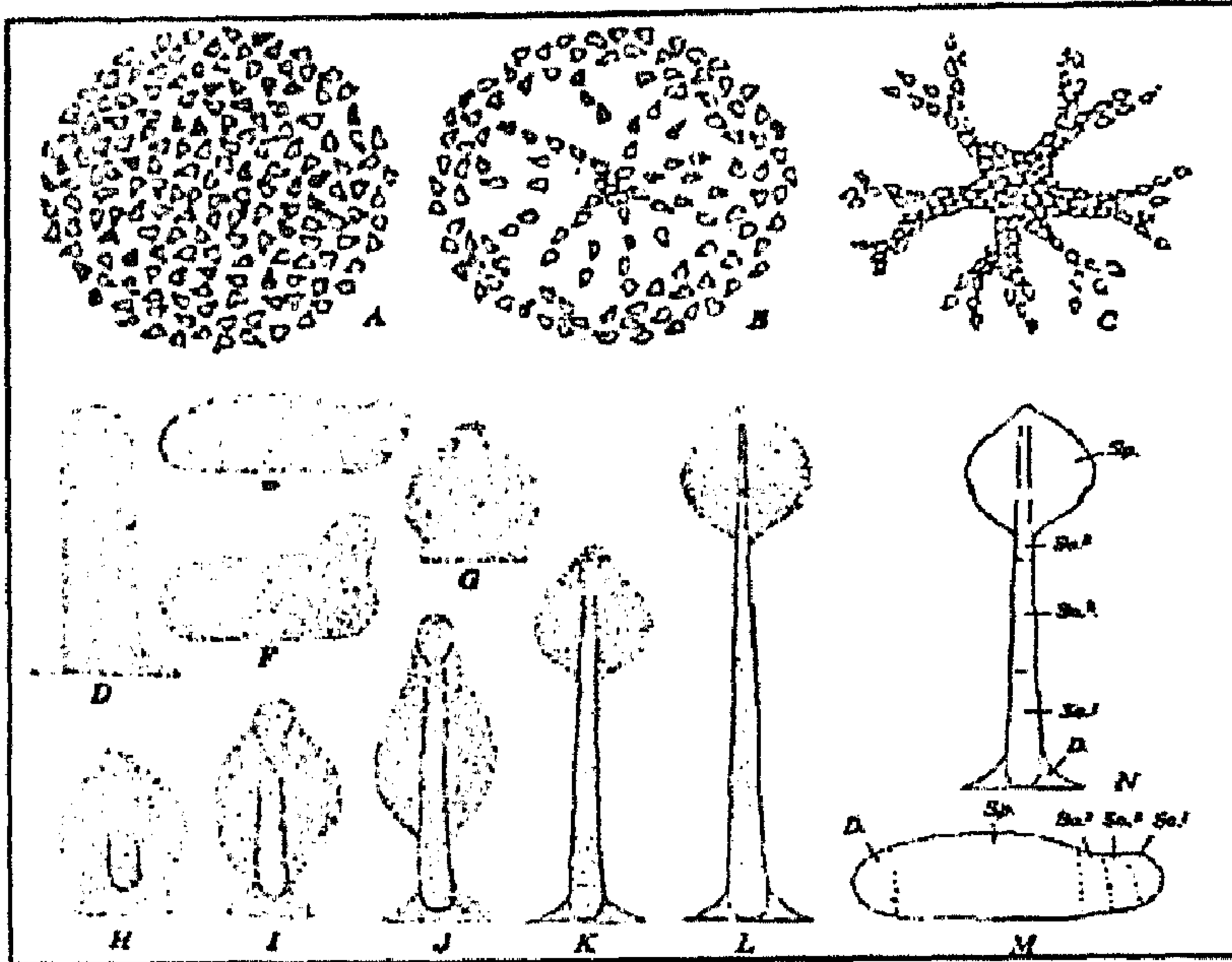
تتطور كتلة الخلايا المتجمعة وتتحول لكائن يشبه حيوان رخوى صغير – يطلق عليه البلازموديوم الكاذب pseudoplasmodium– والذى يكون محاطاً بغلاف لزج. ويتوقف حجم هذا الكائن على عدد الخلايا المشتركة أصلاً في التجمع من كائن دقيق جداً إلى ١ مم طولاً. بهاجر لعدة أيام وهو ينجذب للضوء والحرارة، فيتحرك إلى الأماكن الدافئة المضيئة، وتعمل هذه الخاصية في الظروف الطبيعية على جذب الكائن من أسفل البقايا النباتية المتحللة إلى سطح التربة، حيث المكان المناسب لتكوين الجسم الثمرى وانتشار الجراثيم. (شكل رقم ٢-٢-٢).

الجسم الثمرى fruit body يتركب من قرص قاعدى (يسمى ديسكويديوم discoideum) وساق عديدة الخلايا تعلوها كتلة مستديرة من الجراثيم. تتركب الساق من مواد جدارية من مادة السليولوز التى تفرز من خلايا الساق قبل موتها. وأثناء عملية هجرة الكائن، يلاحظ أن الخلايا التى سوف تصبح خلايا الساق مستقبلاً، تجدها على القمة؛ وتحدث عملية تحول الخلايا الأميبية القبل ساقية إلى خلايا ساقية مجوفة، ذات جدار، وذلك تحت تأثير عامل محدث للتمايز differentiation inducing factor (DIF)، وينتج هذا العامل في قمة البلازموديوم الكاذب. وتتجنب الأجسام الثمرية، أثناء انبثاقها من الطبقة التحتية أية التصاقات قد تحدث فيما بينها ويرجع ذلك لما يفرزه كل جسم ثمرى من غاز الأمونيا والذى يسبب تنافر الأجسام الثمرية فيما بينها.



شكل رقم (٢-٢-٢): مراحل مختلفة من تكوين وإرتحال البلازموديوم الكاذب حتى تكوين الجسم البثرى في الكائن *Dictystelium discoildeum*.

تتكون الجراثيم على قمة الساق، ويعمل على تعطيل عملية إنبات الجراثيم وهي لا زالت داخل الكيس الاسبورانجي أو متجمعة معاً في كتلة مثبط للانبات يسمى ديسكادينين discadenine، وينعدم تأثير هذا العامل على الجراثيم عند انتشارها أو بالتخفيف. (شكل رقم ٢-٢-٣).




شكل رقم (٢-٢-٣) : مخطط للمراحل المتتابعة في تطور الثمرة البثرية في الكائن *Dictyostelium discoideum*

A : الأميبات الهلامية قبيل التجمع.

B : مرحلة مبكرة من تجمع الأميبات لتكوين البلازموديوم الكاذب.

C : مرحلة متأخرة من هذا التجمع.

D-L : قطاعات طولية توضح مراحل متعاقبة من تكوين الجسم الثمرى الكاذب.

D : قبل الرحيل. F : رحيل البلازموديوم الكاذب G : بداية النهوض

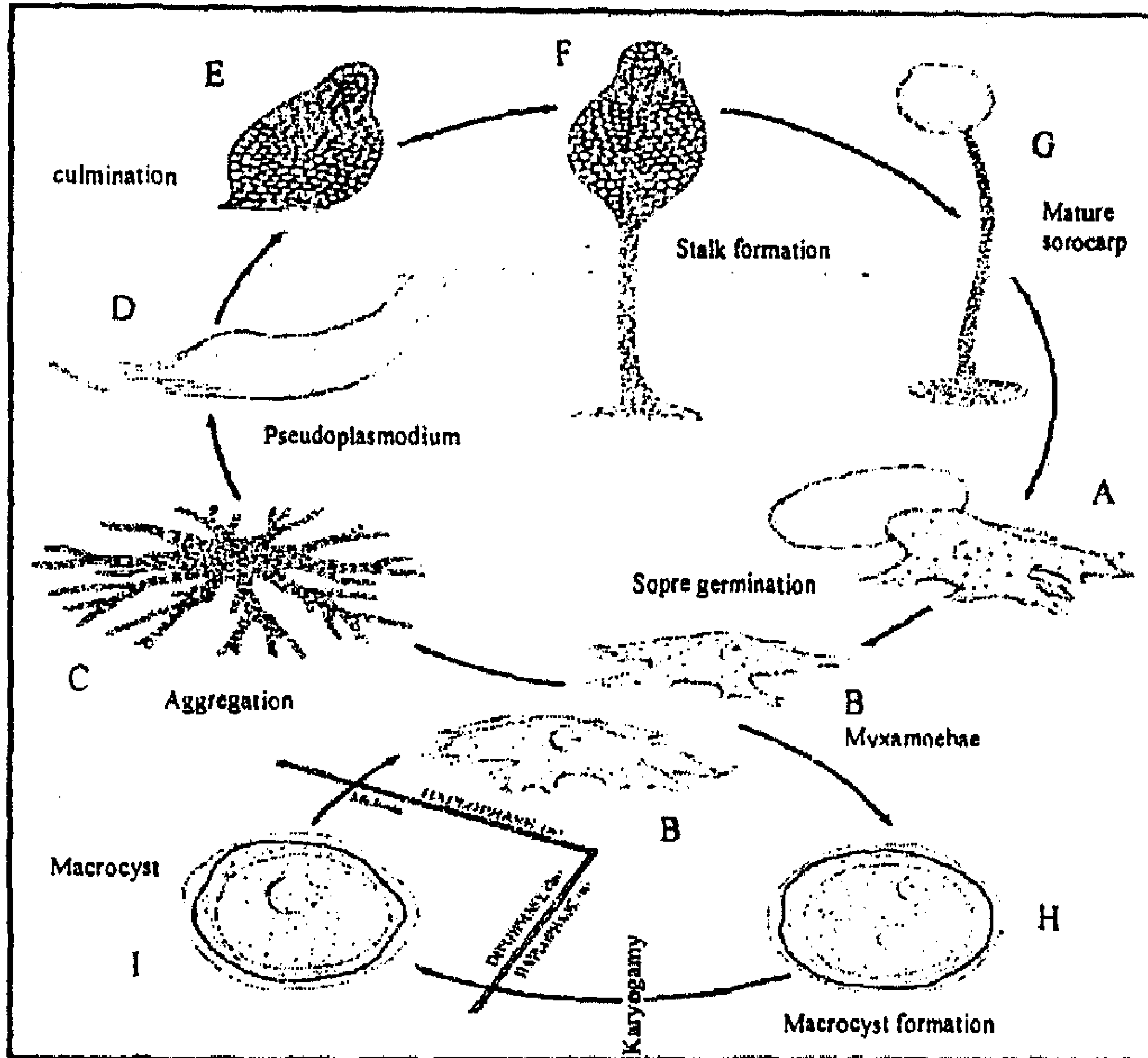
H.I : قبل وبعد تكوين الغلاف السليولوزى للحامل البثرى.

M , N مخطط يوضح مواقع الجراثيم (SP)، الحامل البثرى (SO1 , SO2 , SO3) والقرص (D) للثمرة البثرية الناضجة بالمقارنة لمناطقها في البلازموديوم الكاذب المرتحل. *

تنتفخ الجراثيم قبيل إنباتها، ويتمزق الجدار، وتظهر خلية أميبية، سرعان ما تبدأ في التهام البكتريات. وفى الظروف غير المواتية، فإن بعض الأعفان الرخوة،

* عن Glbert M. Smith – انظر قائمة المراجع

عدا *D. discoideum* تعمل على إحاطة نفسها بجدار وتتحول إلى حويصلة microcysts، وهي أكثر مقاومة عن الخلايا الأميبية العادية، وتنبت في الظروف المواتية. (شكل رقم ٢-٢-٤).




شكل رقم (٢-٢-٤): دورة حياة الكائن Dictyostelium discoideum

A : إنبات الجراثيم تخرج خلية أميبية من كل منها.

B : أميبات

C : تجمع الأميبات

D : البلازموديوم الكاذب قبيل ارتحاله

E : بداية تكوين الثمرة البثرية

F : مرحلة متأخرة من تكوين الثمرة البثرية

G : ثمرة بثرية ناضجة

H: خلية عملاقة ثنائية الصبغات.

I : حوصلة كبيرة ذات نواة ثنائية الصبغيات

تحدث دورة الحياة السابقة، طالما كانت الخلايا المكونة للمستعمرة أحادية الصبغيات، نشأت من خلية واحدة أحادية الصبغيات ويمكن أن تبدأ آلية جنسية، إذا ما جمعت معاً خلايا من طرز تزاوجية مختلفة. ويتحكم زوج من المتضادات "الأليلات" هما mat a, matA في هذا الإقتران ويلعب الإثيلين المفرز من الخلايا mat A دوره الأساسي عن طريق التأثير على الخلايا mat a. ويؤدى الإفراز الزائد من cAMP على انجذاب عدد أكبر من الخلايا نحو الخلايا المقترنة. وداخل التجمع يحدث الإقتران الخلوي والنووي بين الخليتين المتوالفتين. وتقوم اللاقحة المتكونة بابتلاع وهضم كثير من الخلايا المجاورة لها، وبذلك تظهر خلية عملاقة، تحيط نفسها بجدار سميك، فتصبح حافظة حوصلية macrocyst تنبت الحافظة في الظروف المواتية، ويسبق الإنبات عملية انقسام اختزالي، فيعيد الوضع الصبغى إلى المرحلة الأحادية، وتنطلق من الحافظة أميبات أحادية الصبغيات.

## التقسيم:

تقسم رتبة ديكتيوستليالات Dictyosteliales إلى فصيلتين طبقاً للمفتاح التالى:

أ – الثمرة الجرثومية على ساق إسطوانية ضيقة

Family Actyosteliaceae

أأ – الثمرة الجرثومية على ساق أكثر سمكاً وممتلئة بخلايا فارغة.

Family Dictyosteliaceae

تضم الفصيلة الأولى الجنس *Acytostelium*، حيث يصل إرتفاع الساق إلى حوالى واحد ملليمتر، أما الفصيلة الثانية، فتضم الأجناس *Dictyostelium* ومن الأنواع *D. discoideum* و *D. mucoroides* و *D. purpureum*. والجنس *Polysphondylium* حيث الساق طويلة، وتبرز على جانبها أعداد من الحوافظ الجرثومية والجنس *Coenonia*.

# مراجع للاستزادة


- Aiba, K. K Vanagisawa, and H. Urushihara (1993). Distribution of Gp 138, a cell surface Protein Responsible for Sexual Cell Fusion, among Cellular Slime Molds. J. Gen. Microbiol. 139: 279-285.

- Bonner, J.T. (1993). Chemical Signals of Social Amoebae. Sci. Am. 248: 114-240.

- George, K.P., H.R. Hohl, and K.B. Raper (1972). Ultrastructural development of stalkproducing cells in *Dictyostelium discoideum*, a cellular slime mould. J.Gen. Microbiol. 70: 477-489.

- Szabo, S.P. D.H. O'Day, and A. H. Chagla (1982). Cell fusion, nuclear division, and zygote differentiation during sexual development of *Dictyostelium discoideum* Dev. Biol. 90: 375.

## ٢-٣ شعبة ميكسوميسيتات

## Phylum Myxomycota

### الأعفان الرخوة الحقيقية

### True Slime Moulds

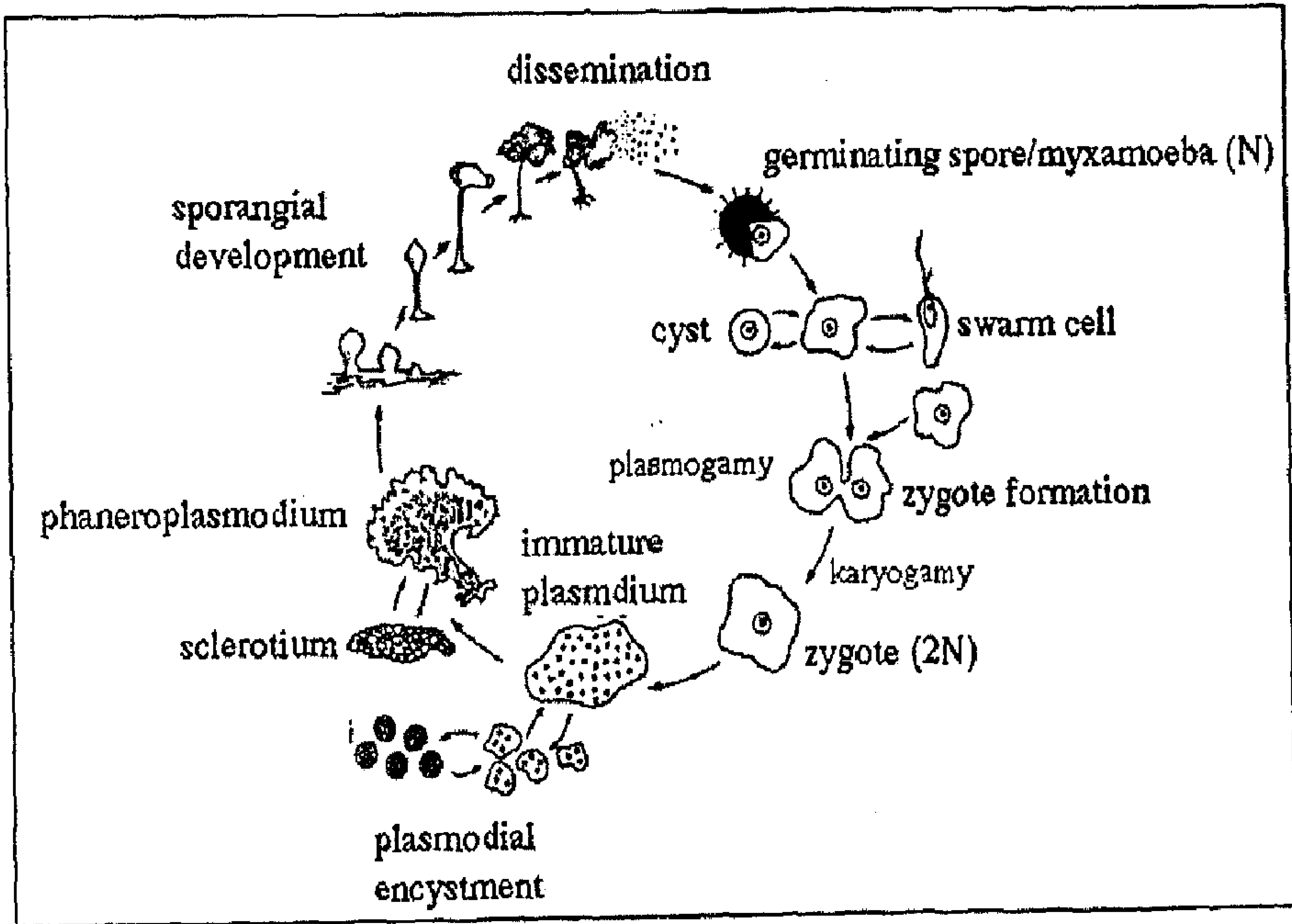
تعد هذه الشعبة هي الأكثر من حيث عدد المرادفات. فقد أطلق عليها Fries عام (١٨٢٩م) الميكسوجسترات Myxogastres واستمرت هذه التسمية حتى عام (١٨٩٧م)، عندما أطلق عليها إنجلر Engler ميكسوثا للوفيتا Myxothallophyta، وفي عام (١٩٠١م) سماها فيتستين Wettstein : ميكسوفيتا Myxophyta. مرة أخرى يعود إنجلر عام (١٩٠٣م) فيعمل إلى تغيير التسمية إلى فيتوساركودينا Phytosarcodina، ثم سماها تيببو Tippo عام (١٩٤٢م) : ميكسوميكوفيتا Myxomycophyta، ثم وضعها مارتين عام (١٩٦٠م) في الميكسوميكوتينا Myxomycotina، وفي عام (١٩٦٩م) أطلق عليها وايتاكر Whittaker : الميكسوميكوتا Myxomycota

نعود إلى منتصف القرن التاسع عشر، حيث أقر دى بارى de Bary عام (١٨٥٨م) بأنها حيوانات، وسماها ميسيتوزوا Mycetozoa، بعدها بقرابة قرن كامل، عام (١٩٥٣م)، أطلق عليها هال Hall: ميسيتوزوايدا Mycetozoida، ووضعها اوليف Olive عام (١٩٧٥م) في الميكسوجاسترا Myxogastra.

تضم هذه الشعبة المسماه الأعفان الرخوة الحقيقية true slime moulds، إحدى وسبعين جنساً (+ ١٠١٠ مرادفاً)، تحوي خمسمائة نوع، عالمية الانتشار، وتكثر في أراضي الغابات وعلى بقايا الأخشاب والنباتات في طور التحلل. تبدأ دورة حياة الميكسوميستات عندما تنبت الجرثومة فتعطي خلية أميبية عارية سابحة ذات سوطين طرفيين من النوع الكرباجي أو خالية منها، تأخذ في التغذية بالتهام الغذاء، وتزداد أعدادها بالإنقسام وتتحول إلى جاميطات، دون أن تتغير أو بعد أن تفقد أسواطها وتصبح أميبات هلامية،

والتى قد تتعدد إنقساماتها قبل تزاوجها. يتحول الزيجوت إلى بلازموديوم يعيش أسفل الطبقة التحتية أو يتحرك عليها ببطئ. ويتزايد حجمه. تكتمل دورة الحياة، عندما يصبح كل أو جزء من البلازموديوم كيس جرثومي (إسبورانجي) جالس أو معنق وزاهى اللون. قد يحدث إندماج الأنوية في مرحلة تكوين الزيجوت أو بعد ذلك. أما الإنقسام الإختزالى فيحدث قبل تكوين الجراثيم، وفى الظروف الغير مواتية، قد يتحول البلازموديوم إلى جسم ساكن أو جسم حجري Sclerotium (شكل رقم ٢-٣-١).

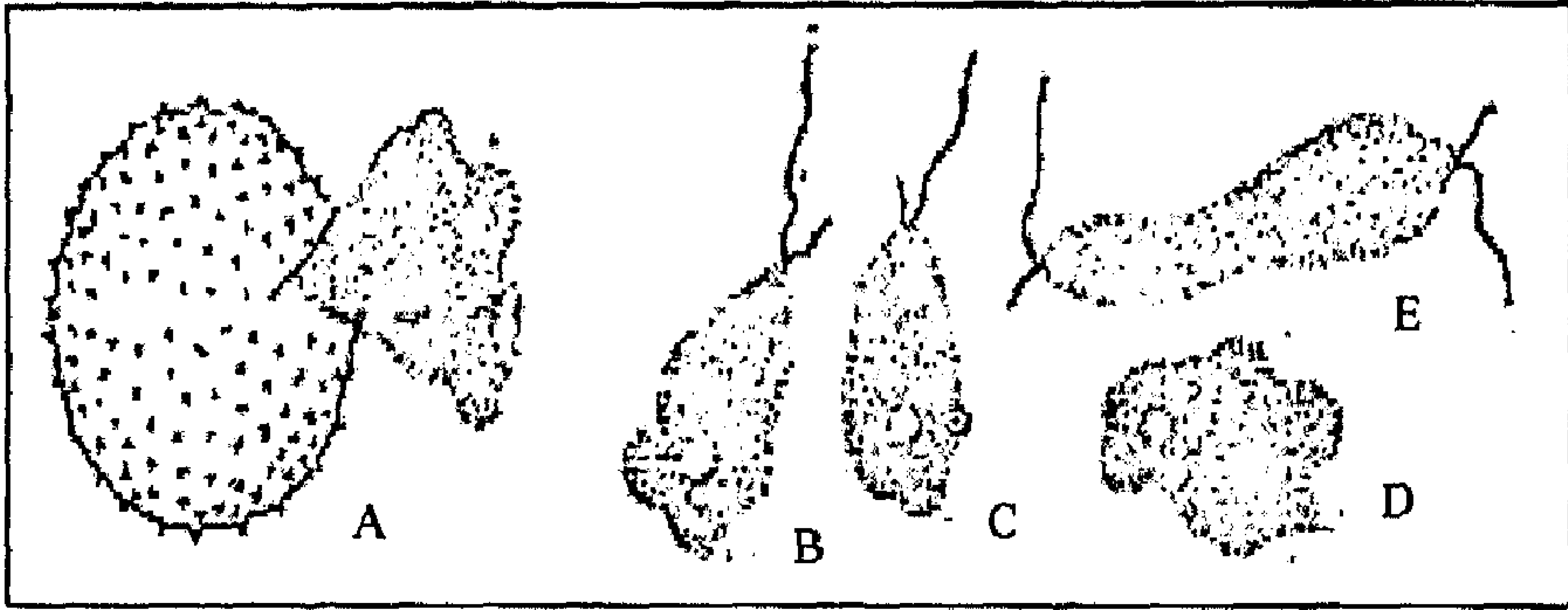
تتميز أفراد هذه الطائفة، بإنتاجها لأجسام ثمرية ترى بالعين المجردة على البقايا النباتية الميتة، وقد جمعها المهتمون بالعلوم الطبيعية منذ أكثر من قرن مضى، وتكفي زيارة واحدة لأرض مزروعة أو غابة ليحصل الباحث على ما يصبو إليه من أنواع. تبنى الأجسام الثمرية لهذه الفطريات من مواد مقاومة للتحلل، وعلى ذلك فالمتاحف البيولوجية تضم كثير من النماذج التى تدوم لسنوات وسنوات.




شكل رقم (٢-٣-١) : دورة الحياة النموذجية لطائفة الميكسوميسيتات.

تعد رتبة الفيزارات Physarales أكبر رتب الطائفة وتضم ٢٠٠ نوع من الأعفان الهلامية الحقيقية. وقد درست بالتفصيل عدة أنواع تنتمي للجنس *Physarum*، حيث أجرى على النوع *P. polycephalum* عدد هائل من الدراسات الخلوية والبيولوجية الجزيئية، أما الدراسات المتعلقة بالتباين الوراثي فقد أجريت على النوع *P. iridis*.

تتغذى أميبات *P. polycephalum* على البكتريا، وكما هو الحال عند زراعة الجنس *Dictyostelium* على وسط غذائي مزدوج يحوي بكتريا القولون، تزرع أميبات *P.polycephalum* كذلك كما يمكن زراعة الأميبات على وسط غذائي نقي معقد التركيب، ولكن الأميبات تتضاعف ببطئ شديد (شكل رقم ٢-٣-٢).




شكل رقم (٢-٣-٢):

A: إنبات الجراثيم وخروج الأميبات الهلامية.

B ، C: جاميطات

D: الأميبات الهلامية myxamoeba

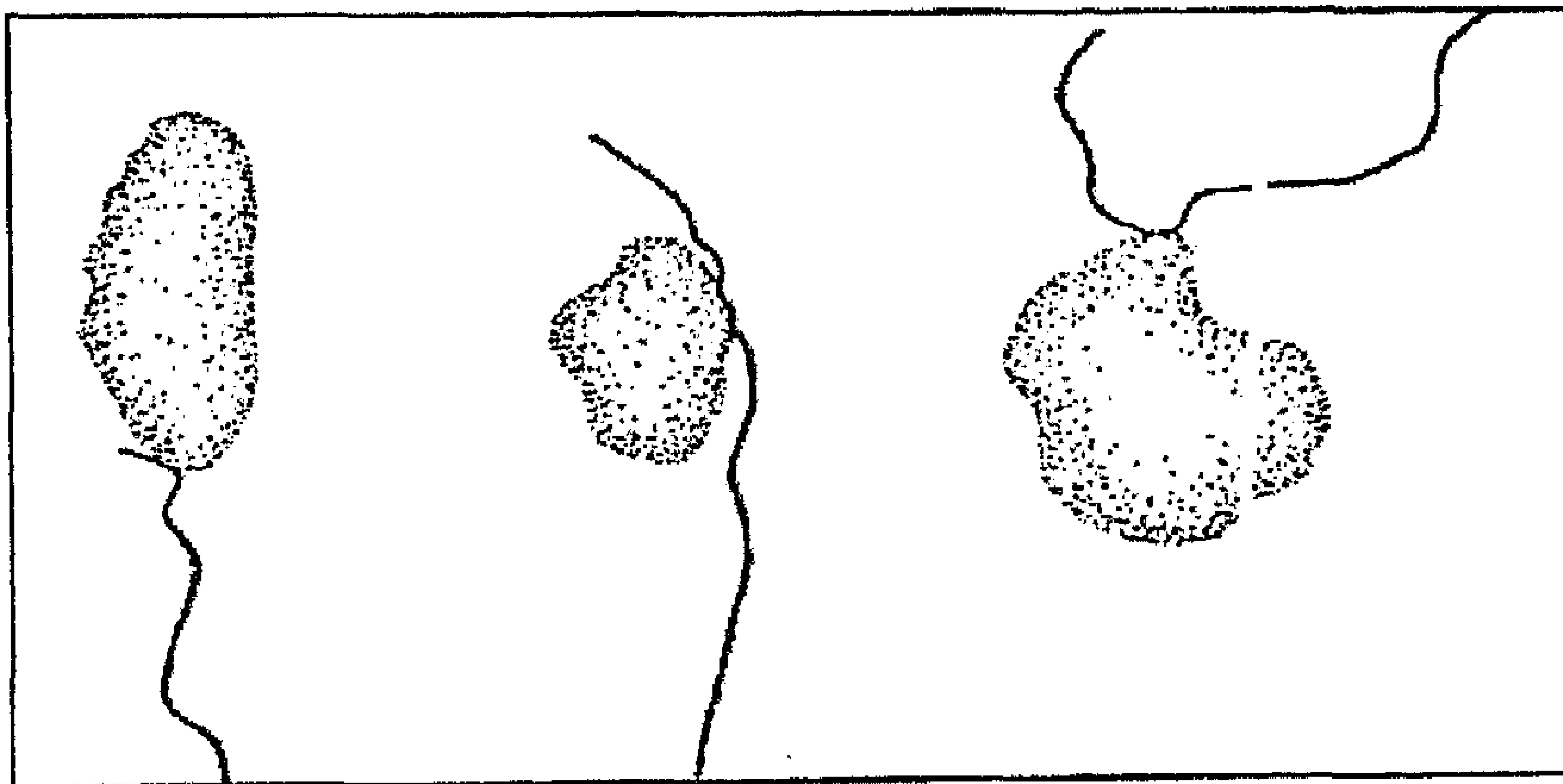
E: اللاقحة (الزيجوت) للهلام *Physarum polycephalum* (X ١,٣). *

للأميبات نواة مركزية واضحة، ذات نوية مستديمة، وفجوات غذائية، وفجوة منقبضة. وإذا ما غمرت المزرعة بالماء، تستطيل الأميبات، وتظهر لها أسواط من النوع

* عن Glbert M. Smith – انظر قائمة المراجع

الكرباجي، وتبرز من أحد طرفى الخلية (المقدمة والمؤخرة) في الغالب ذات سوطين، أحدهما يتجه للأمام وهو الأكثر نشاطاً والآخر يتجه للخلف، ويظل ملتصقاً بسطح الخلية وأكثر خمولاً والأميبات المسوطة لا تتغذى ولا تنقسم. وعندما يختفى الماء الحر تتحول إلى الحالة الأمبية (شكل رقم ٢-٣-٣).

وفى حالة إستهلاك كل الخلايا البكتيرية من المزرعة، تتحول الأميبات إلى حوصلات سميكة الجدار thick-walled cysts وهذه لها القدرة على البقاء حية لفترة طويلة جداً في غياب المادة الغذائية. وعندما تتوافر البكتيريات ثانية، تنبت الحوصلات، وتخرج منها أميبات. وهذا الطور الأميبى المسوط له القدرة على التكاثر في وجود البكتريا، يسبح عند غمر المزرعة بالماء. وهكذا تستمر الأميبات، ومن المحتمل أن الكائن قادر على البقاء في الطبيعة بنفس الصورة حيث يكثر إنتشار الأميبات المسوطة في التربة والماء.



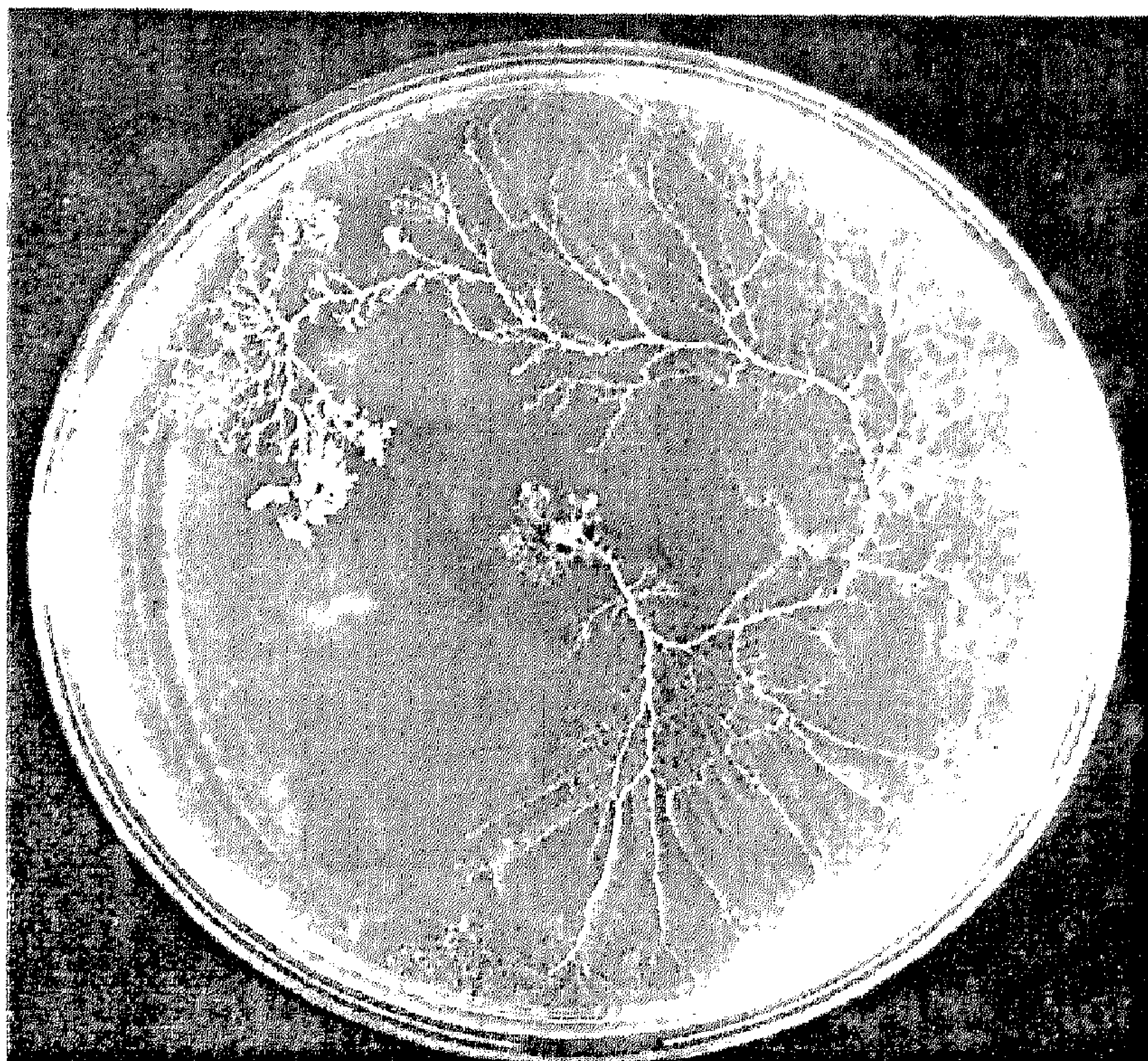
شكل (٢- ٣- ٣) : الخلايا السابحة في طائفة الميكسومسيتات. *

يتطلب بدء تكوين الطور البلازمويدى غالباً التقاء سلالات مختلفة وراثياً. ويتكون البلازموديوم بمعدلات عالية إذا اختلفت السلالتين في موقعين هما mat A , mat B. وفي

* عن Glbert M. Smith – انظر قائمة المراجع

كل موقع توجد عدة متضادات alleles، وعلى ذلك، فإن العدد الإحتمالى لتكوين البلازموديوم يكون عالياً. وفى حالة إلتقاء أميبتين يختلفان في الموقع mat B، فإن إحتمال إقترانهما لإعطاء الخلية الثنائية الكروموسومات يكون كبيراً جداً، كما أن إحتمال أن يتحول الزيجوت إلى بلازموديوم يتزايد إذا ما احتوى كل من القرينين على الليلات مختلفة على الموقع mat A، ومن النادر أن يحدث تكوين بلازموديوم في المستعمرة وحيدة النسيلة للكائن الخلوي *P. polycephalum* ومن ناحية أخرى، تؤكد الدراسات على وجود حالة توافق ذاتي hemothallic، حيث يحدث الإقتران داخل المستعمرة وحيدة الفسيلة. ويعتبر السلوك الجنسي في الأعفان الرخوة شديد المرونة، فلا يوجد فقط العقم الذاتي والإخصاب الذاتي والتحول الذاتي في أنواع مختلفة، إلا أنها توجد جميعها في الكائن *P. irridis*.

تنمو اللاقحة (الزيجوت)، وتبدأ النواة في الإنقسام الميتوزى، دون أن تنقسم الخلية، ويتزامن الإنقسام النووى المتتالى فيصبح البلازموديوم الصغير ذات ٢، ٤، ٨، ١٦ نواة ويستمر الإنقسام حتى يغطى البلازموديوم مساحة هائلة، ويضم أنوية يقدر عددها بالملايين، كما تتزايد البلازموديومات في الحجم بأن تقترن البلازموديومات الصغيرة مع بعضها، وتتزايد بالنمو ومع زيادة حجم البلازموديوم، يسهل رؤية السيال البروتوبلازمى الذى يسير في قنوات شديدة الوضوح تعرف بالعروق، وهذه تميز البلازموديوم الناضج. وبملاحظة العروق ميكروسكوبياً تبدو الحركة كسيال جارف في إتجاه واحد بسرعة تصل إلى ١مم/ثانية، ولمدة دقيقة، بعدها ينعكس إتجاه السيال لمدة دقيقة أخرى، وتعمل هذه الحركة على تعويض محدودية إنتشار الأكسجين والمغذيات، والتخلص من الفضلات، ويفضلها يعيش البلازموديوم كوحدة متكاملة (شكل رقم ٢-٣-٤).



شكل رقم (٢-٣-٤) : بلازموديوم الكائن الهلامي *Physarum polycephalum* نامياً على الآجار.

يمكن تنمية البلازموديوم في مزارع نقية على بيئة سائلة تحوي مصدر كربوهيدرات مناسب (جلوكوز أو نشا) ومصدر نيتروجين (ببتون)، وأملاح معدنية وفيتامينات (ثيامين، بيوتين، الهيم)، أما على على أوساط صلبة (آجار) أو مزارع مهتزة، ومع استمرار الإمداد بالغذاء المناسب، يستمر النمو، ويهاجر البلازموديوم إذا نقص الغذاء، وينجذب لمختلف المغذيات.

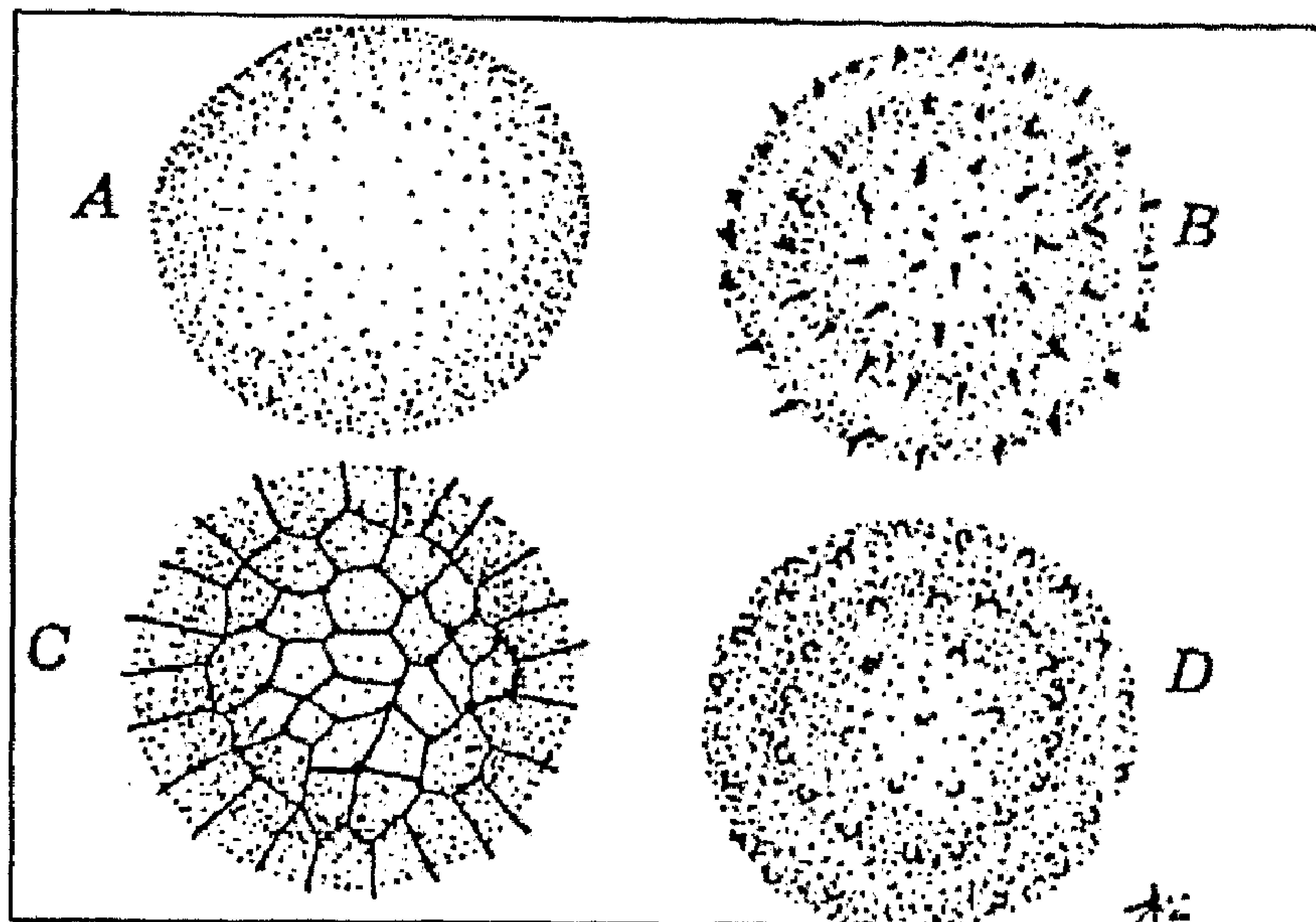
وفي الطبيعة، قد يحيط البلازموديوم بالفطريات كبيرة الحجم مثل الأجسام الثمرية لفطريات عيش الغراب ويعمل على تحليلها وهضمها. وفي المعمل، يمكن مشاهدة البلازموديوم هو يلتهم الكائنات الأصغر حجماً، حيث يلتف حولها. ومع ضخامة حجم

البلازموديوم فهو يتحرك ويهاجم الكائنات الأكبر ، ويحاط الكائن بغلاف من السكر المعقد اللزج mucopolysaccharide الذى يعطيه الحماية من الجفاف.

يؤدى تجويع البلازموديوم، لحدوث أحد أمرين، يلعب الضوء الأمر الفيصل فيهما. ففى الظلام، يتحول البلازموديوم الجائع إلى جسم حجرى Sclerotium، والذى يتركب من عدة كرات Spherules يحيط بكل منها جدار سميك تحوى عدة أنوية وبروتوبلازم، وتحافظ على حيويتها لفترة طويلة جداً. وعندما تعود الظروف المواتية، تنبت الكرات ليخرج من كل منها بلازموديوم جديد.

أما إذا تم التجويع في الضوء، فإن البلازموديوم يتحول إلى جسم ثمري يحتوي على جراثيم ويحدث الإنقسام الإختزالي قبيل تكوين الجراثيم، ليعود بالكائن إلى حالة الأحادية الكروموسومية. أما في حالة السلالات apomictic (أى التي تكون فيها أنوية البلازموديوم أحادية الصبغات) فيحدث ما يسمى بالإنقسام الإختزالى الكاذب pseudomeiosis والذي لا يتضمن أية آلية إختزالية.

تنتشر الجراثيم، وتعيش لفترات طويلة، وفى الظروف المناسبة تنبت لتعطي الأميبات (شكل رقم ٢-٣-٥).

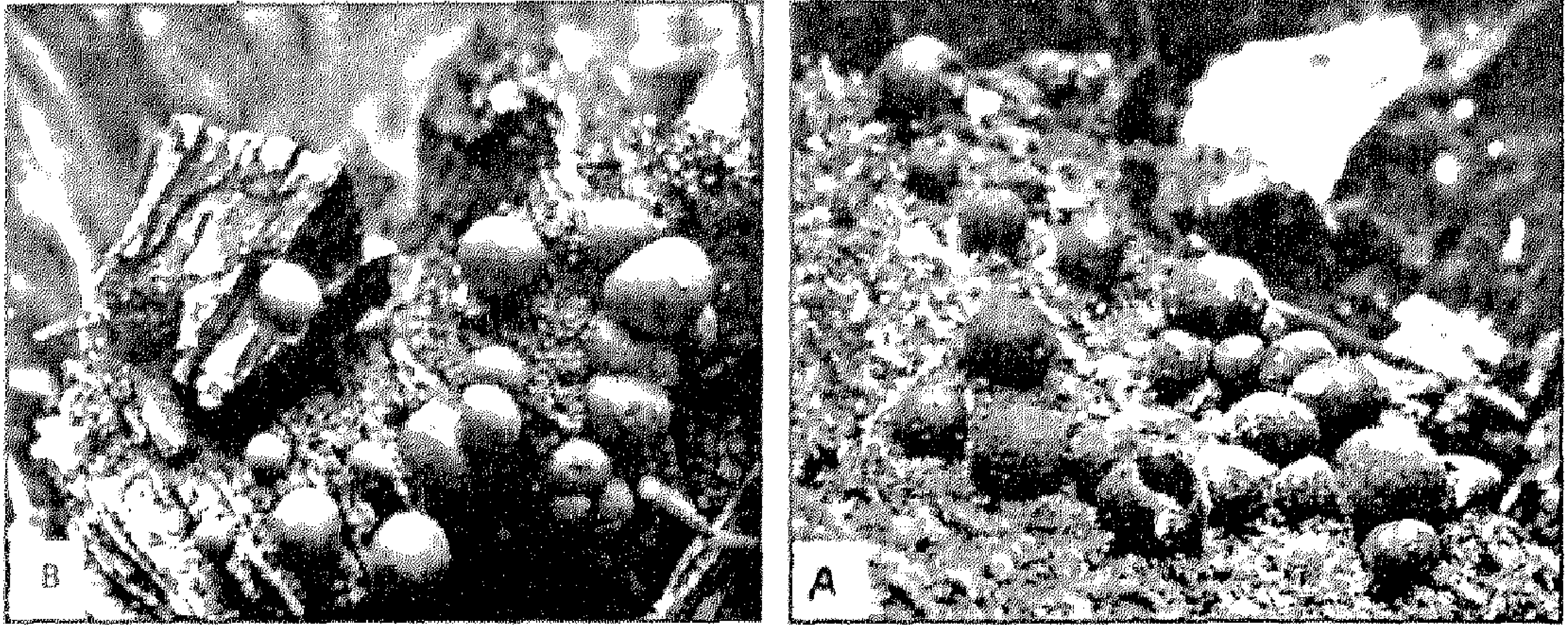



شكل (٢-٣-٥) أربعة أشكال الجراثيم الميكسوميسيتات :

A : ملساء　　B : شائكة　　C : شبكية　　D : متآكلة. *

بدراسة نظام تكوين الجسم الثمرى في أنواع الهلاميات الرخوة، يتضح وجود ثلاثة طرز منها : أول تلك الطرز هو ظهور عدة حوافظ جرثومية تأخذ في التجمع معاً على جزء من الطبقة التحتية، والذى كان يشغله البلازموديوم من قبل. ولكل حافظة جرثومية جرابها الثمرى peridium، كما قد توجد قاعدة رقيقة غشائية، تعرف بالثالوس التحتى hypothallus أما الطراز الثانى فيعرف بالثمرة السناجية aethalium، وهى أجسام ثمرية جالسة تتكون من كتلة تنشأ من جزء أو كل البلازموديوم، وتتراوح من متوسط الضخامة إلى بالغ الضخامة. وجدر الحوافظ الجرثومية الفردية كاملة الوضوح في بعض الثمار، وقد يصعب رؤيتها في ثمار أخرى. والجسم الثمرى يحاط بأكمله بجراب ثمرى. (شكل رقم ٢-٣-٦).

* عن Alexopoulos – انظر قائمة المراجع




شكل (٢ – ٣ – ٦) :الأجسام السناجية للكائن الهلامي:
*L. flavofuscum* : B *Lycogala epidendrum* : A

الطراز الثالث هو الثمرة البلازموديومية plasmodiocarp وهو تركيب يشبه الحافظة الجرثومية الجالسة، إلا أنها تتميز باحتفاظها بتفرع البلازموديوم. والحافظة الجرثومية للجسم الثمرى قد تكون جالسة أو معنقة. والأعناق تختلف في الطول والسمك واللون والقوام والتركيب. وإمتداد الأعناق داخل الحافظة الجرثومية يعطى تركيب يعرف بالعويميد collumellae، إلا أنه قد يلاحظ وجود العويميد في الحوافظ الجرثومية الجالسة. (شكل رقم ٢-٣-٧).

كما توجد بالحافظة الجرثومية تراكيب ليفية غير حية، قد تتشابك معاً لتكون شبكة معقدة تتصل بالجراب الثمرى أو بالعويميد، وهذه تعرف بالخصلة الشعرية capillitium حيث تتخلل الجراثيم. (شكل رقم ٢-٣-٨).

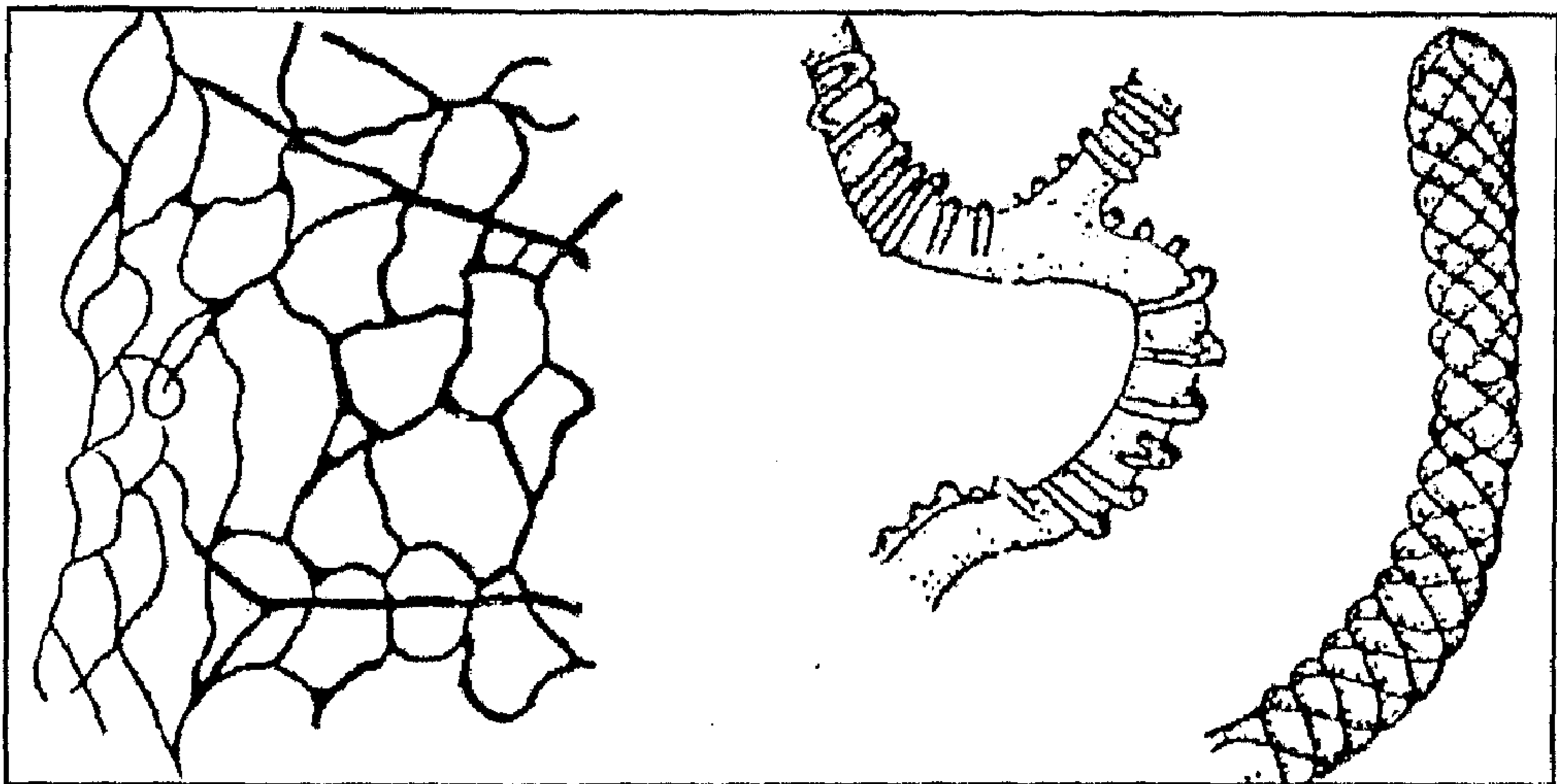
يساعد الخصلة على تحرير الجراثيم، حيث تعمل كحصيرة زنبركية من الخيوط التى تأخذ في التفكك السريع عند إنحلال الجراب الثمرى، فتحمل معها الجراثيم إلى ارتفاع

كبير. وتقوم التيارات الهوائية بالباقي. حيث تنشرها لمسافات بعيدة.



شكل (٢-٣-٧) : إسبورانجيات الكائن البلازمويدي *Diderma testaceum*

لاحظ وجود العويميد columella في الأسبورانجيات المكسورة.



شكل (٢-٣-٨) : ثلاثة أنماط من الخصلة الشعرية الواسعة الإنتشار في الميكسوميسيتات. *

* عن Alexopoulos – انظر قائمة المراجع

## التقسيم:

تضم الشعبة طائفتين هما طائفة البروتوستيليوميستات Class Protosteliomycetes وطائفة المكسوميسيتات Class Myxomycetes، على أساس طبيعة الطور المغتذي trophic phase. ففي الطائفة الأولى نجد أن هذا الطور أمبيات بسيطة أو بلازمويد ذو حركة تمورية (مكوكية) والطائفة الثانية ذات طور مغتذي حر المعيشة عديد الأندية، ذو حركة تمورية للبروتوبلازم. تضم الطائفة الأولى رتبة واحدة هي رتبة Protostelialis وتضم فصيلتين، أما الطائفة الثانية فتضم ستة رتب تشمل أثنى عشر فصيلة تقسم على أساس: طبيعة الثمرة الجرثومية، تركيب الجراب الثمرى والخصلة الشعرية ووجود كربونات الكالسيوم (الجير) من عدمه وحجم ولون وطبيعة المنمنمات على سطوح الجراثيم.

وفيما يلي مفتاح مبسط لرتب وفصائل المكسوميكوتا:

### مفتاح مبسط لرتب وفصائل المكسوميكوتا

١- الطور المغتذي أميبات بسيطة أو بلازموديوم ذو حركة مكوكية للبروتوبلازم Class Protosteliomycetes, Protosteliales....(٢)

- الطور المغتذي، حر المعيشة، عديد الأنوية، مدمج خلوي، بلازموديوم رمي ذو حركة مكوكية للبروتوبلازم Class Myxomycetes....(٤)

٢- لا توجد خلايا مسوطة Protosteliaceae

- توجد خلايا مسوطة.......................................................(٣)

٣- تتولد الجراثيم مفردة على قمم أفرع شعرية الشكل على حوامل جرثومية عمودية، أو شجيرية أو morchelloid (منتفخة) Ceratiomyxaceae

- الجراثيم (١-٤) تتولد على حوامل اسبورانجية ذات عمود قصير وليس على عمود شعري أو حوامل morchelloid (منتفخة) Cavosteliaceae

٤- تنشأ الحوامل الجرثومية من أسفل الثالوس Subhypothallic بروتوبلاست الهلام يرتفع داخلياً عبر التنوء النامي على أشكال Stipilate ..........................(٥)

- ينشأ الحامل الجرثومى أعلى الثالوس، إذا ما وجد النتوء (الساق) فإنه يكون مجوفاً، أو يكون ممتلئ جزئياً بالخيوط (Stimonitales) Stemonitidaceae

٥- الجراثيم في كتل سوداء، أو بنية – قرمزية داكنة، أو حديدية اللون، حمراء داكنة أو قرمزية وفى الضوء النافذ فهى عادة قرمزية – بنية أو داكنة الاصطباغ، نادراً شاحبة Physarales....(٦)

- الجراثيم في كتل شاحبة اللون، بيضاء أو لامعة، أحياناً بنية اللون، نادراً سوداء، شاحبة في الضوء النافذ صفراء – بنية، دخانية – بنية، أو غبراء dingy ولكنها لا تكون قرمزية – بنية على الإطلاق..........................................(٧)

٦- الجراب من حبيبات جيرية، الخصلة الشعرية جيرية، نادراً عديمة الجير، عادة تتركب أما من أنيبيبات جيرية أو عديمة الجير، أنيبيبات إسطوانية ترتبط بعقد جيرية Physaraceae

- الجراب جيرى حبيبى أو بللورى، الخصلة الشعرية تتركب من شرائط عديمة الجير، الأنيبيات شاحبة إلى داكنة وهذه قد تبدى أحياناً مكونات من الجير البللورى أحياناً قليلة ونادراً غائبة Didymiaceae

٧- الجراب ثابت كله أو جزء منه، لا توجد خصلة شعرية حقيقية، إذا وجدت خصلة فهي كاذبة، تتركب من أنيبيبات أو من خيوط غير منتظمة أو صفائح مثقبة، والتى قد تتمزق إلى شرائط Liceales

– الخصلة الشعرية نموذجية، إذا غابت فإن الجراب سريع الزوال والثمرة الجرثومية دقيقة الحجم..........................................................(١٠)

٨– الحوامل الجرثومية – جرثومية أو جسم بلازمويدي صغير غالباً، عادة دقيق الحجم، لا توجد خصلة شعرية كاذبة وكذا الشبكة الحبيبية البلازمية Liceaceae

– الحوامل الجرثومية ذات إثيليوم كاذب أو حقيقي، قد توجد خصلة شعرية كاذبة أو حبيبات dictydine (حبيبات بلازميدية)..........................................(٩)

٩– الحبيبات البلازموديومية غائبة Lycogalaceae

– توجد حبيبات بلازموديومية، الجراب عادة شبكى intersitics عادة سريع الزوال Cribrariaceae

١٠– الأعمدة ضئيلة، عادة لا تزيد عن ٠,٥ ملليمتر في الارتفاع، الجراب قد يكون ثابتاً كله أو جزء منه، العمود يمتلئ بمادة حبيبية، يوجد عويميد، نادراً ما يغيب، إذا وجدت الخصلة الشعرية فإنها تتعرق أو تشكل فتحة لشبكة أو أفرع ومتداخلة. الجراثيم في كتل بيضاء مصفرة اللون أو قرمزية رمادية أو بنية..............................(١١)

– جالسة أو معنقة، أكبر حجماً لا يوجد عويميد الخصلة الشعرية وافرة ذات شرائط أو شبكية، الشرائط أحياناً رهيفة وصلبة، ولكن في الغالب زلقة، مجوفة ومنحوتة بوضوح، الجراثيم في كتل بيضاء، صفراء، برتقالية أو حمراء Trichiales

١١– الجراثيم في كتل بيضاء، كريمية اللون، صفراء، رمادية أو نادراً قرمزية اللون، الجراب رقيق، يتلاشى في وقت مبكر ..........................................(١٣)

– الجراثيم في كتل بنية، الجراب ثابت، أما ككل أو في أجزاء منه والتي تلتصق بقمم الخصلة الشعرية (Echinosteliales) (Elastodermataceae)

١٢– شرائط الخصلة الشعرية اسطوانية غالباً، نادراً ما يزيد قطرها عن ٢ ميكرومتر، تبدو

صلبة، ملساء أو منممة Dianemataceae

– شرائط الخصلة الشعرية خشنة نادراً أقل من ٢ ميكرومتر في القطر، أنبوبية، عادة منمنمة بوضوح..........................................................(١٤)

١٣– يوجد للطور المغتذى أسواط، النواة ذات نوية واحدة مركزية (Echinosteliales) (Echinosteliaceae)

– لا يوجد للطور المغتذي أسواط، النواة ذات عدة نويات محيطية (Echinosteliopsidales) (Echinosteliopsidaceae)

١٤– شرائط الخصلة الشعرية ذات تغليظات حلزونية الشكل Trichiaceae

– شرائط الخصلة الشعرية ملساء أو مغلظة بسنون، حلقات، نصف حلقات، أشواك أو أورام ولكنها لا تكون حلزونية Arcyriaceae

## ٢-٣-١ طائفة البروتوستيليوميسيتات

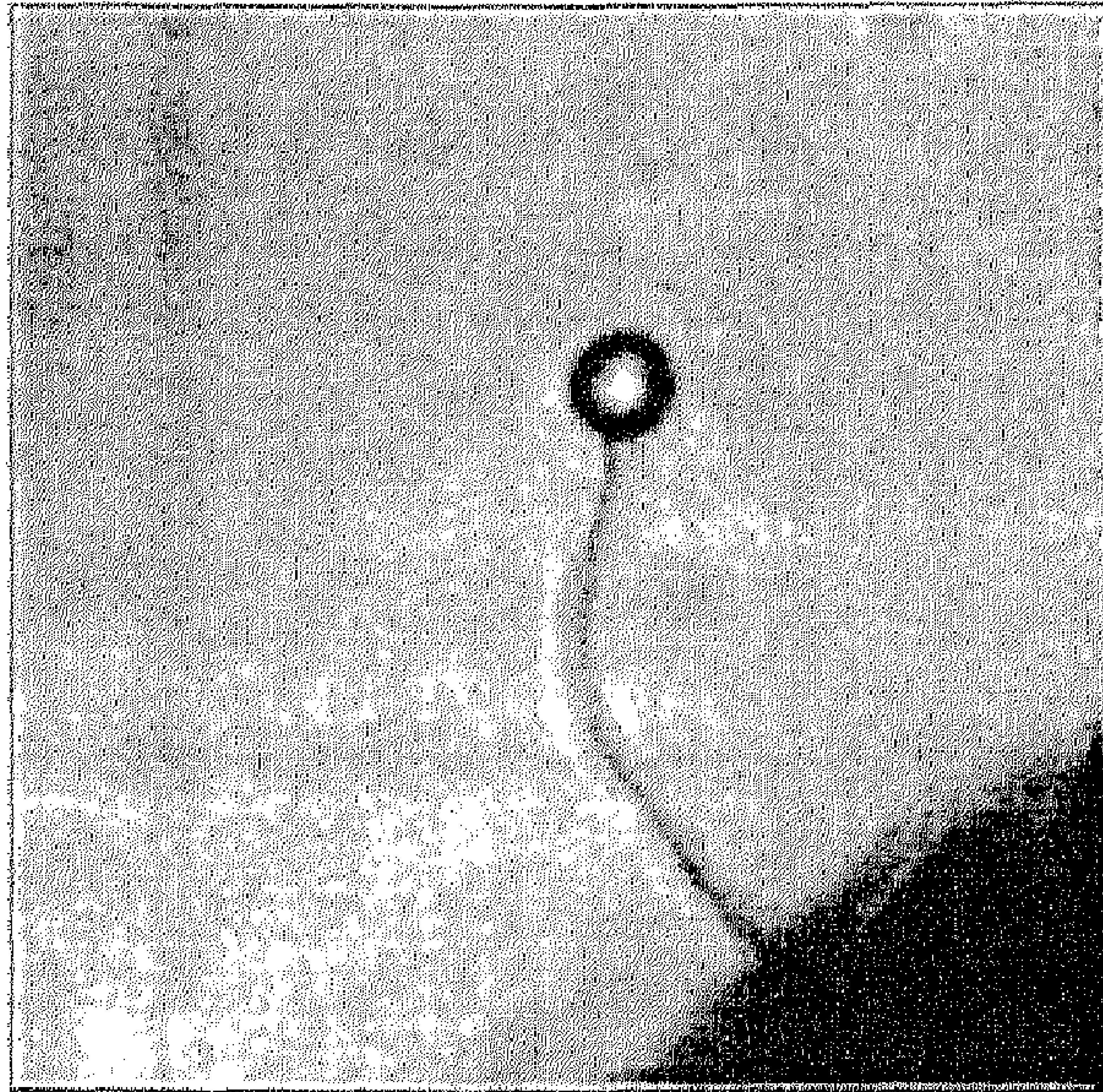
## Class Protosteliomycetes

الطور المغتذي لأفراد هذه الطائفة غالباً أميبات وحيدة الخلية أو بلازموديوم حر المعيشة والكائن ليست له حركة تمورية (مكوكية) Shuttle movment بعض الأنواع تعطى خلايا مسوطة والبعض الآخر ليست له هذه القدرة. تضم الطائفة رتبة واحدة هي رتبة البروتوستيلياالات Order Protosteliales، تقسم إلى فصيلتين هما : الفصيلة الكافوستيلية Fam. Cavosteliaceae والثانية هي الفصيلة البروتوستيليدية Fam. Protostelidaceae وذلك طبقاً للمفتاح التالى :

أ. توجد خلايا مسوطة Fam. Cavosteliaceae

أأ. لا توجد خلايا مسوطة Fam. Protostelidaceae

تضم الرتبة أحد عشر جنساً، تحوى إحدى وعشرين نوعاً، واسعة الإنتشار عالمياً وعلى الأخص في المناطق الدافئة. من أهم الأجناس *Protostelium* (شكل رقم ٢-٣-٩) *Cavostelium, Protostelipsis,* ويكثر إنتشار الجنس الأخير في المناطق الإستوائية. من أهم ما يميز الطائفة أن التجرثم لا يسبقه عملية تجمع للأميبات الهلامية، يعطى البلازموديوم حافظة جرثومية تحمل على طرف ساق دقيقة، من هذه الحافظة تتحرر إما جراثيم مسوطة أو غير مسوطة، سرعان ما تتحول إلى أميبات هلامية.



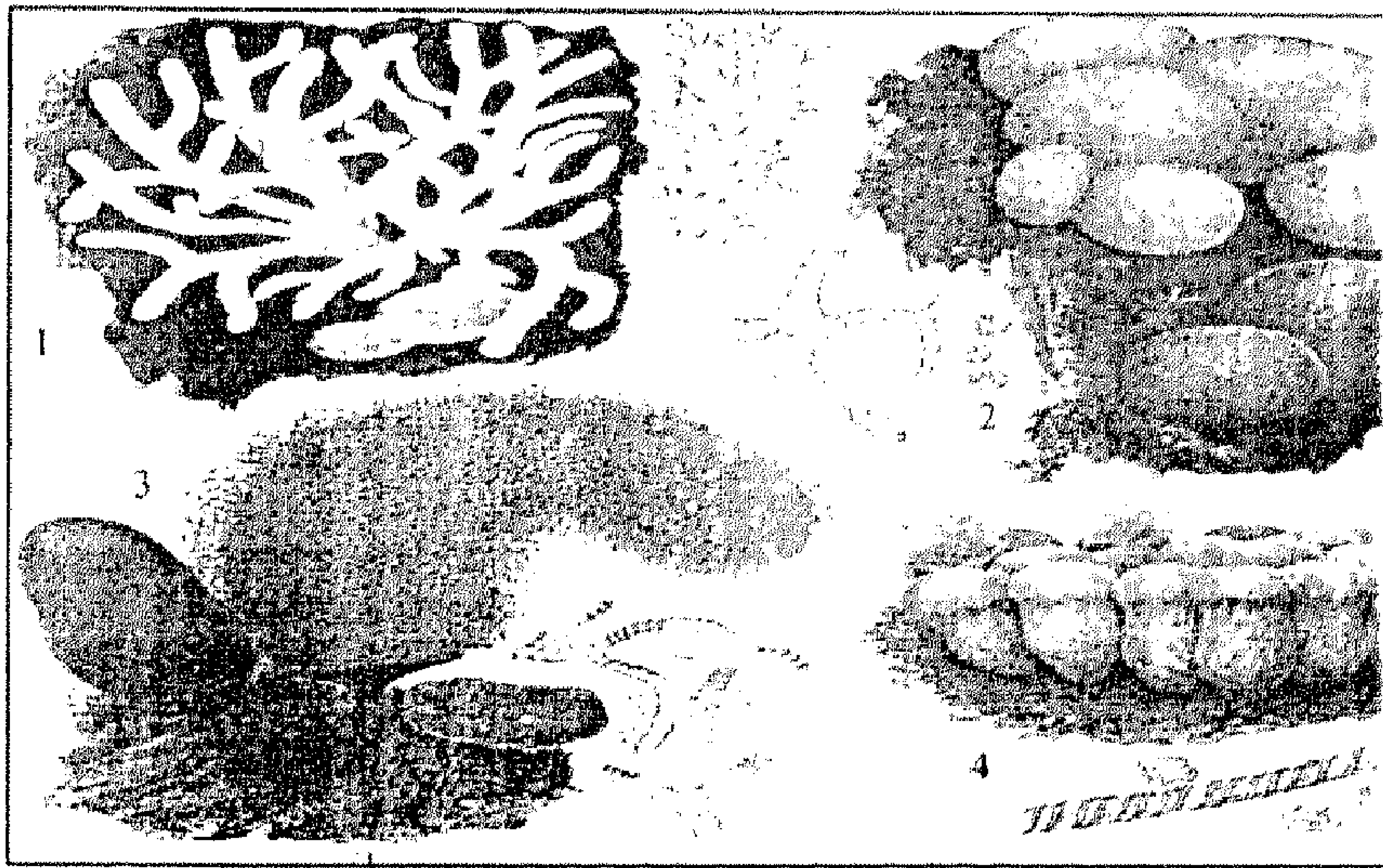
شكل (٢-٣-٩) : الجنس *Protostelinm*

حيث تظهر بوضوح الثمرة الجرثومية على قمة ساق

## ٢-٣-٢ طائفة الميكسوميسيتات

**Class : Myxomycetes**

تضم الطائفة الميكسوميسيتات ستة رتب تحوى إثنى عشر فصيلة تقسم على أساس طبيعة البلازموديوم والجهاز الإثمارى وتوضح الأشكال (٢-٣-١٠)، (٢-٣-١١) الإثمار في الميكسوميسيتات.



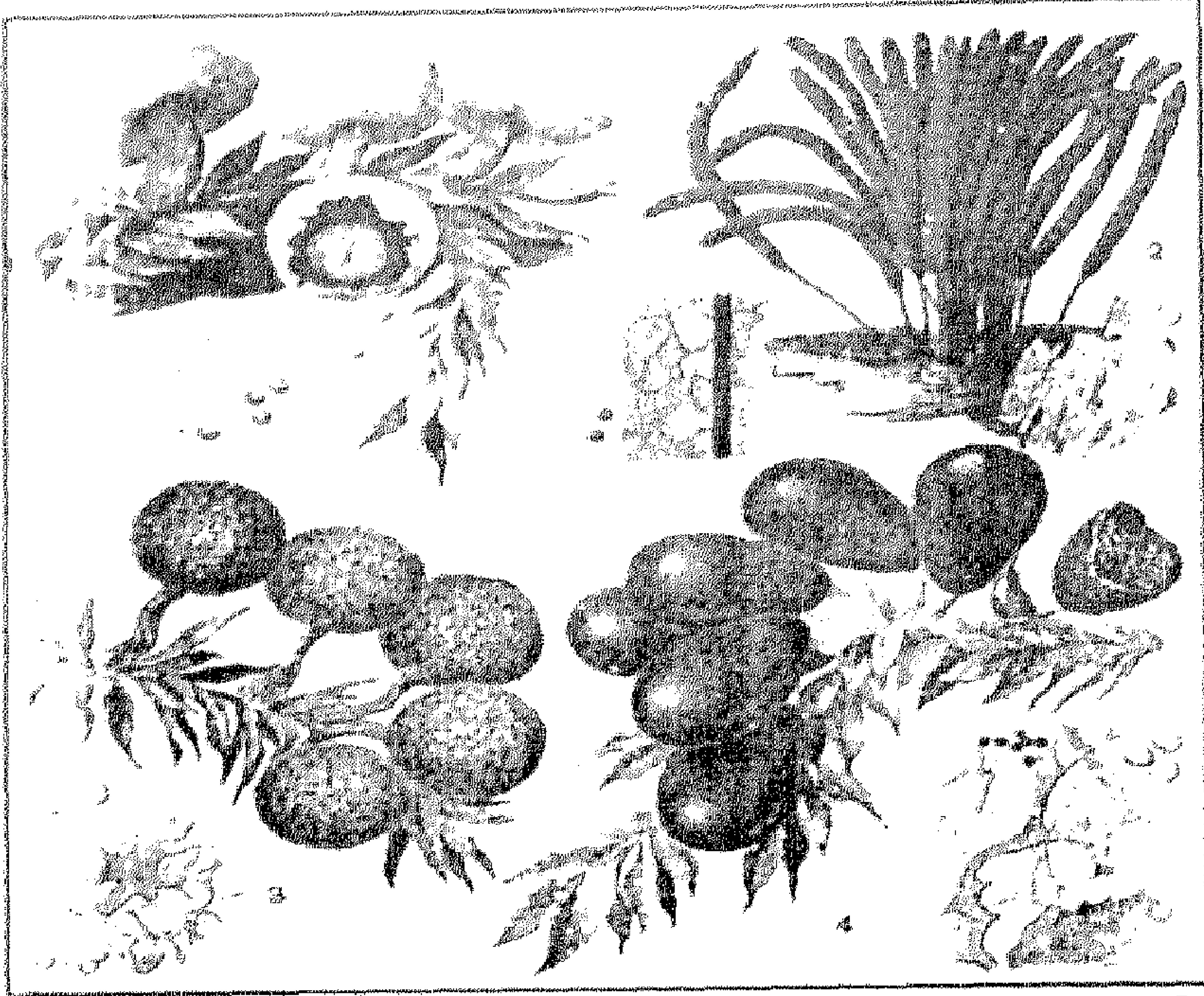

شكل (٢-٣-١٠) : الميكسومسيتات

1- الجنس *Ceratiomyxa* منظر عام للتجرثم (لليسار) — جزء من الحامل موضح التركيب (اليمين)

2- الجنس *Lycogala*

3- الجنس *Arcyria* منظر عام وشكل يوضح الخصلة الشعرية

4- الجنس *Trichia* منظر عام وشكل الجراثيم الخصلة الشعرية



شكل (٢-٣-١١) : الميكسوسيتات :

1- الجنس *Diderma*. 2- الجنس *Stemonitis*.

3- الجنس *Physarum*. 4- الجنس *Leocarpus*.

## ٢-٣-٢-١ رتبة تريكيالات

## Order : Trichiales

تضم الرتبة سبعة وسبعون نوعاً، موزعة على أربعة عشر جنساً في فصيلتين، الكتلة الجرثومية زاهية الألوان، الجراب الثمرى ثابت التركيب، ولا يوجد عويميد بالحافظة الجرثومية، توجد خصلة شعرية غزيرة، جيدة التكوين أكثر الأجناس انتشاراً *Hemitrichia, Lachnobolus, Dianema, Perichaena, Opiotheca, Oligonema,* (شكل رقم ٢-٣-١٢).



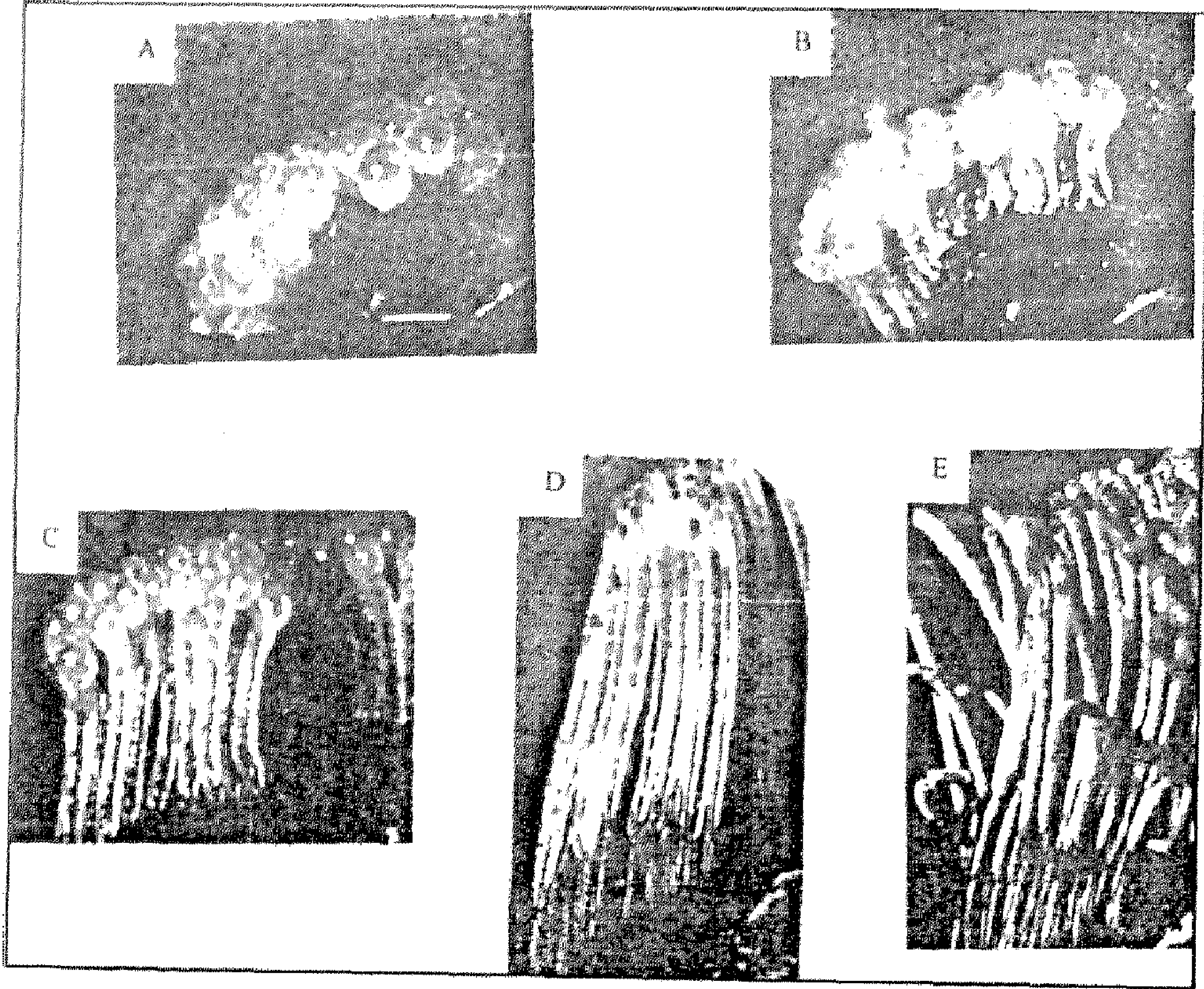
شكل (٢-٢-١٢) : الثمرة البلاموديومية للكائن البلازمودي *Hemitrichia serpula*.

## ٢-٣-٢-٢ رتبة ستيمونيتالات

## Order: Stemonitales

بالرتبة مائة وخمسة عشر نوعاً، موزعة على ستة عشر جنساً، في ثلاثة فصائل، الكتلة الجرثومية داكنة اللون، ملونة، الخصلة الشعرية والجراب الثمرى يخلوان من الجير، الخصلة عادة غزيرة التفرع، شبه خيطية وداكنة اللون. ويوضح (شكل رقم ٢-٣-١٣) مراحل تكشف وتكوين الأجسام الثمرية (الحوافظ الجرثومية) في الهلام *Stemonitis fusca* من أهم أجناس الرتبة وأكثرها انتشاراً *Colloderma, Comatricha, Diachea,* *Stemonitis, Lampoderma* وأكثر الأنواع شيوعاً للجنس الأخير *S. axifera* و *S. splendens*. ويوضح (شكل رقم ٢-٣-١٤) شكل البلازموديوم الظاهر في الهلام *Stemonitis fusca*.






شكل (٢-٣-١٣) : مراحل تكشف وتكوين الأجسام الثمرية

(الحوافظ الجرثومية) في الهلام *Stemonitis fusca*

A : الزمن صفر.

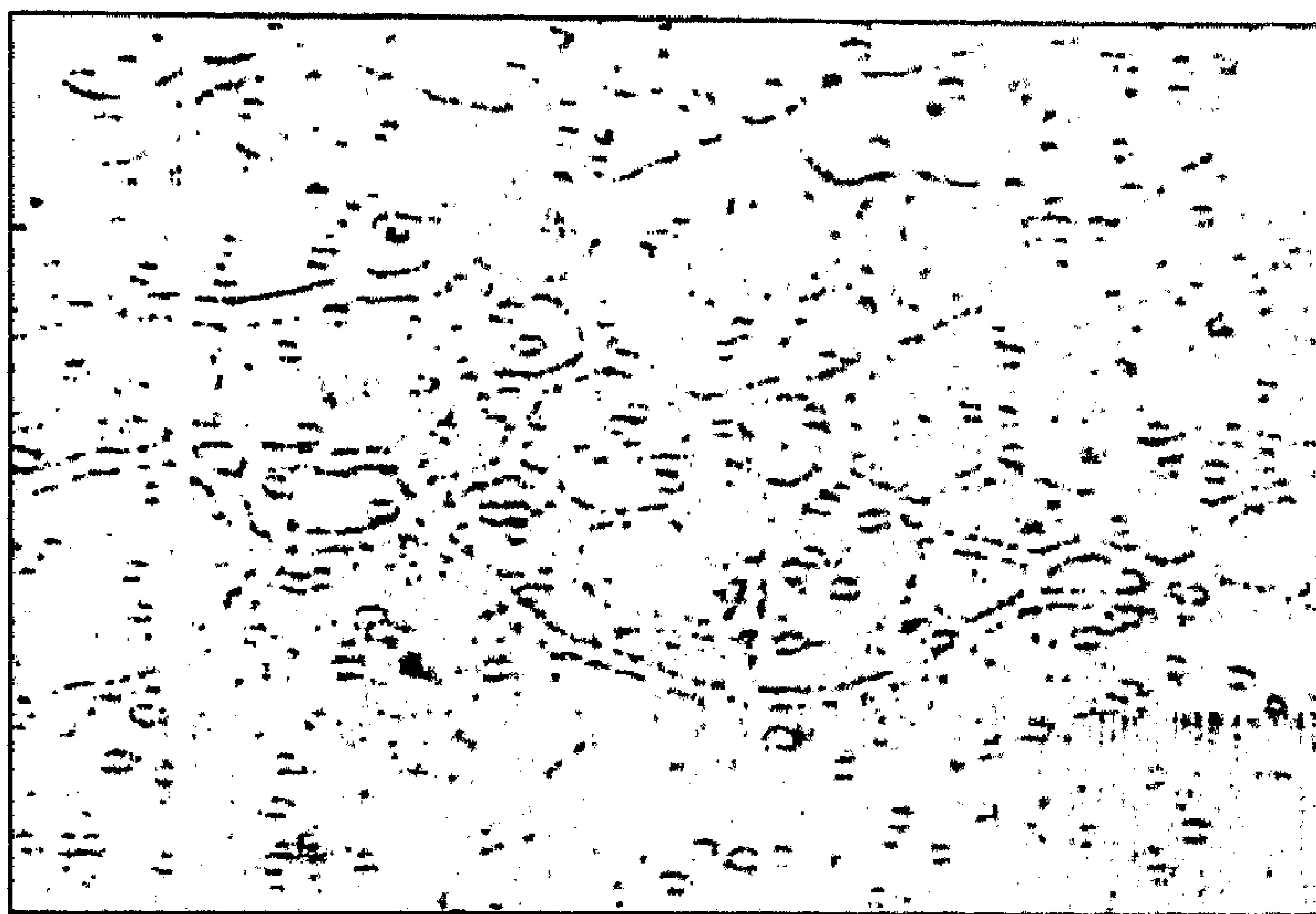
B : بعد ساعتان ونصف.

C : بعد ثلاث ساعات وربع.

D : بضعة ساعات.

E : بعد ٤٨ ساعة. *

* انظر (1984) Garraway and Evans : قائمة المراجع



شكل (٢-٣-١٤) : البلازموديوم الظاهر Aphanoplasmodium للكائن الهلامي

*Stemonitis fusca* ( X ٢٥٠) *

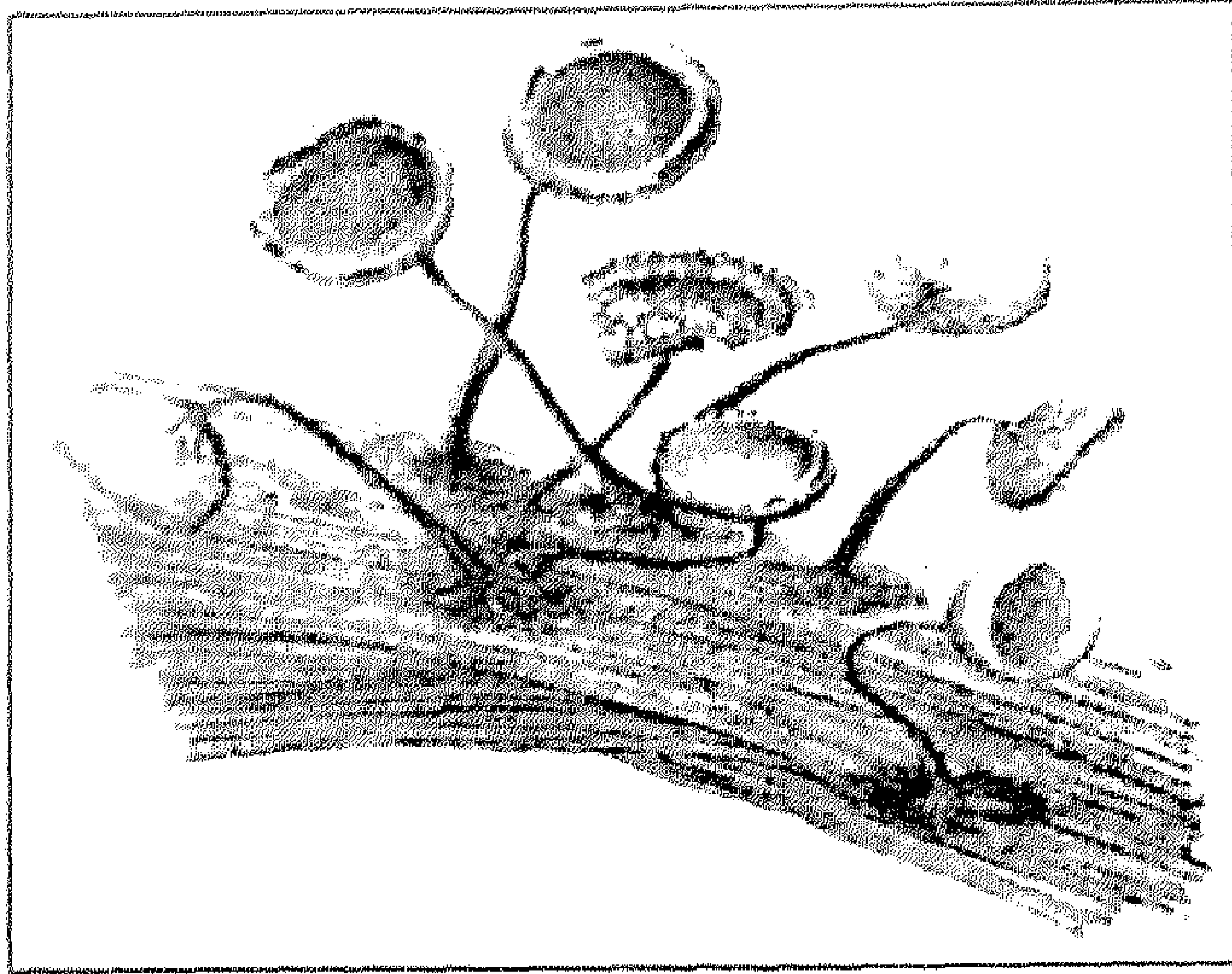
## ٢-٣-٢-٣ رتبة فيسارالات

## Order: Physarales

تتميز أفراد هذه الرتبة بأن الكتلة الجرثومية داكنة اللون إلى ملونة. الجراب الثمرى والخصلة الشعرية تحوى كميات كبيرة من الجير. تضم الرتبة ٢٠٠ نوع موزعة على ثمانية عشر جنساً. من أهم الأجناس *Badhamia, Diderma , Didymium, Fuligo* *Physarum* (شكل رقم ٢-٣-١٥) والجنس الأخير أكبرها، ويضم ثمانية وستون نوعاً وأكبر أنواع هذا الجنس إنتشاراً *P. cinereum* و *P. gyrosum* و *P. globuliferum* و *P. gyrosum* و *P. leucopodium* و *P. polycephalum*، أما الهلام البلازموديى *Fuligo septica* فهو يعطى أضخم الثمار السناجية في الهلاميات على الإطلاق، ويوجد على المروج الخضر وكومات السماد، ومن أنواعه *F. cinerea*.

---

* عن Alexopoulos – انظر قائمة المراجع

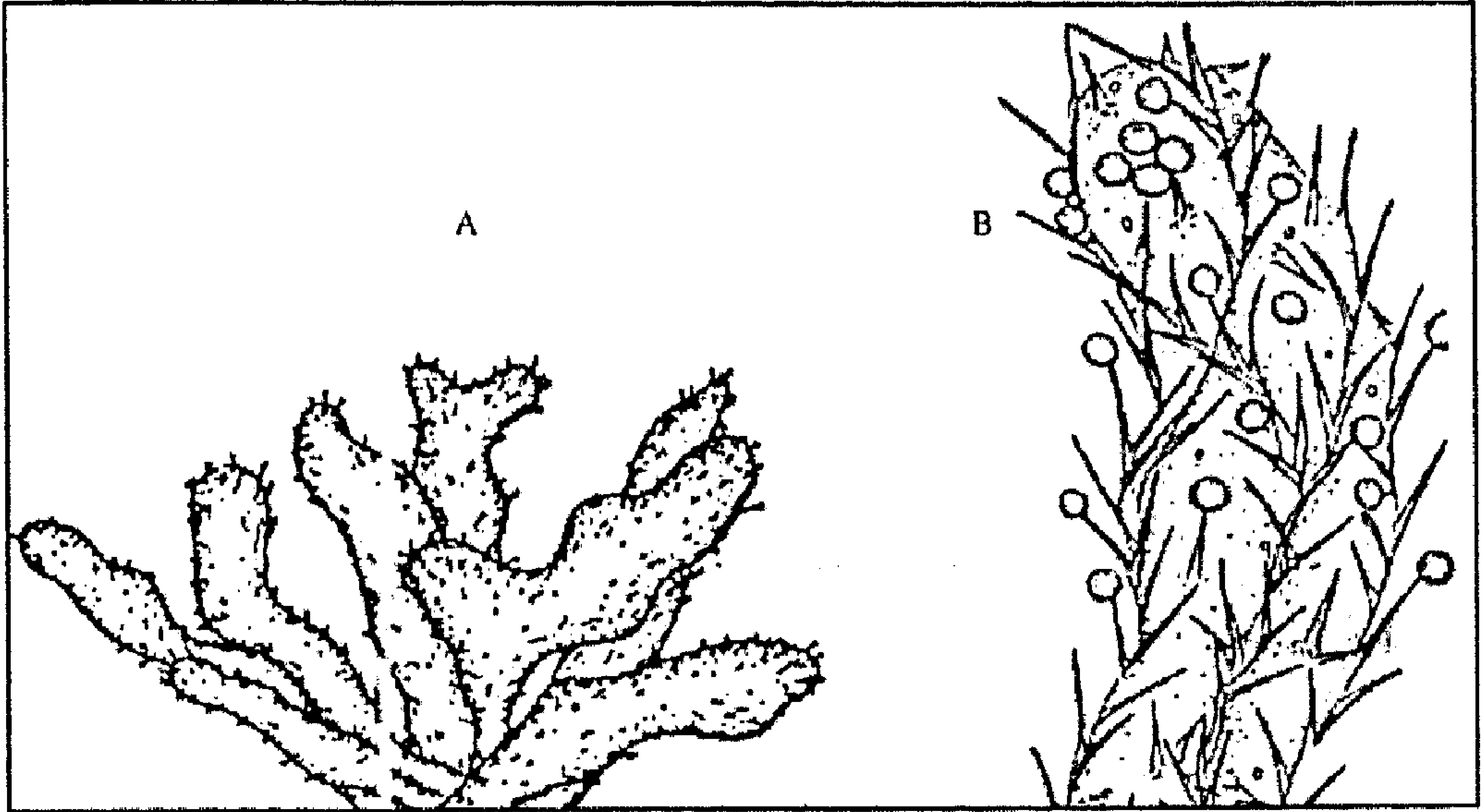


شكل (٢-٣-١٥): الأجسام الثمرية للكائن البلازمويدي *Physarum pezizoides*.

## ٢-٣-٢-٤- رتبة سيراتيوميكسالات

## Order: Ceratiomyxales

تضم الرتبة فصيلة واحـدة هـى Fam: Ceratiomyxaceae التـى بـدورها تضـم جنسـاً واحداً يحوى ثلاثة أنواع. البلازموديوم حر المعيشة، يصعب الاستدلال عليه، إلا لمن يبحث عنه، يعطى البلازموديوم تراكيب بيضاء تنتصب من الطبقة التحتية، وهو مـا لايطلـق عليـه الجسم الثمرى (شكل رقم ٢-٣-١٦) على هذا التركيـب تتولـد الجـراثيم علـى طـرف نتـوء صغير، ولا يوجد أى تركيب يحيط بهذه الجراثيم من الخارج، وبذلك، فهى تعد فريدة مـن نوعها في الأعفان الهلامية في عدم وجود حوافظ جرثومية يحيط بالجراثيم مجتمعة.




شكل (٢-٣-١٦) : الأجسام الثمرية للكائن Ceratiomyxa fruticulosa

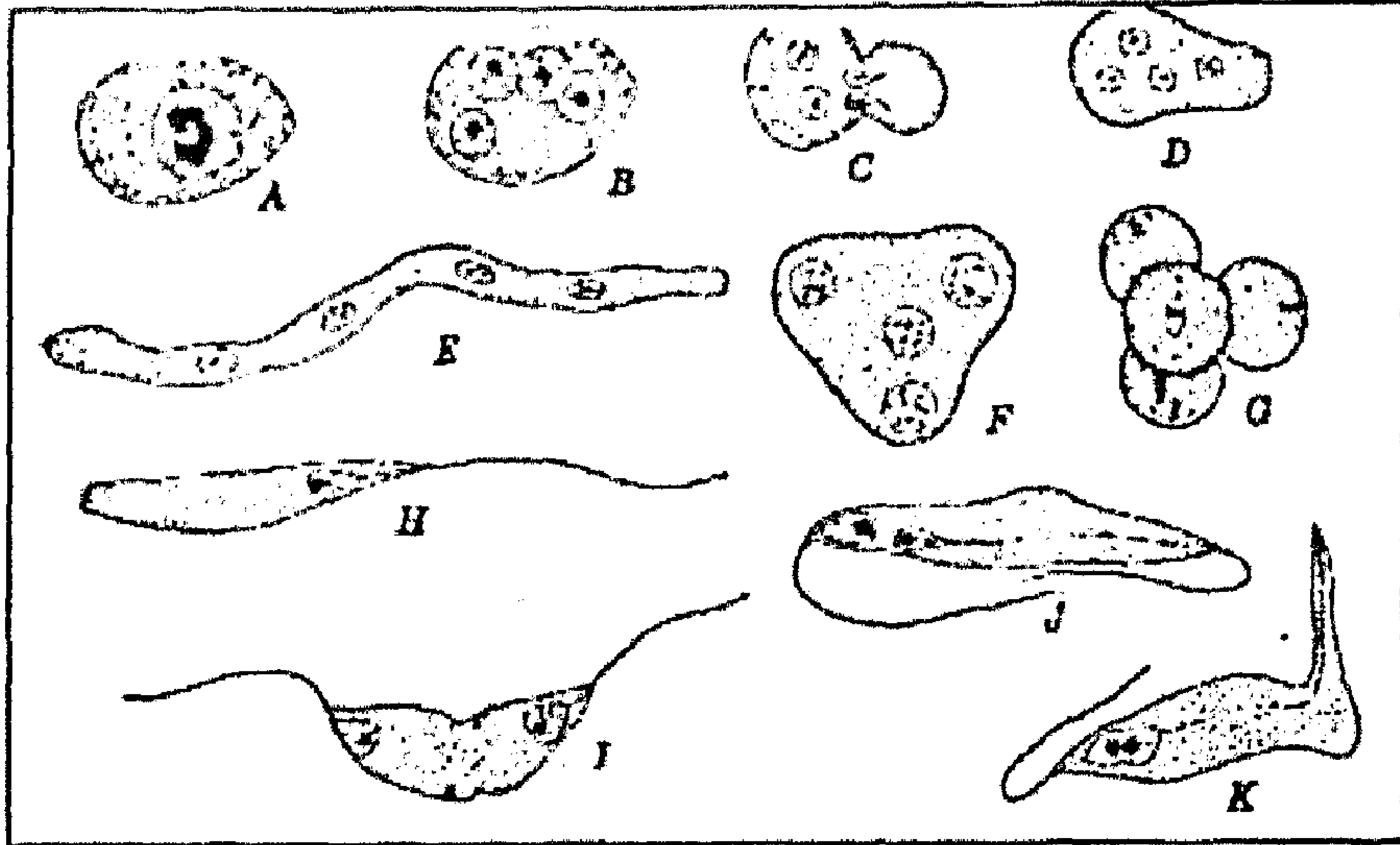
A: شكل عام للجسم الثمري.

B: أحد أعمدة الجسم الثمرى وتبدو الجراثيم متصلة به.*

يعد النوع *Ceratiomyxa fruticulosa* هو الأكثر مشاهدة في الطبيعة، وتختلف الآراء فيما يتعلق بسلوك الجراثيم، من الآراء المطروحة، أن الجراثيم ما هي إلا حوافظ جرثومية وحيدة الجرثومة، إندمجت فيها الجرثومة والحافظة لتكون تركيبا واحداً. بينما ترى آراء أخرى أن الجرثومة تنبت فتعطى ثمانية جراثيم سابحة، أحادية الصبغيات، تسبح لفترة، ثم تفقد أسواطها، لتعطى بلازموديوم ضئيل الحجم، يعيش على ما يصادفه من خلايا بكتيرية، فيتغذى عليها الإلتقام، ثم يعطى الجسم الثمرى الأبيض اللون ويوضح (شكل رقم ٢-٣-١٧) مراحل دورة حياة الهلام .*Ceratomyxa* sp.

---

* عن قاموس الفطريات: انظر قائمة المراجع




شكل (٢-٣-١٧) : مراحل تطور الهلام *Ceratiomyxa* sp.

A : جرثومة وحيدة النواة.

B : جرثومة بعد انقسام النواة لتكوين أربعة أنوية.

C : إنبات وخروج البلازموديوم

D : البروتوبلاست بعد خروجه بوقت قصير

E-G : استدارة وانشقاق البروتوبلاست إلى وحدات وحيدة النواة.

H : جاميطات

J-K : مراحل متتالية لإقتران الجاميطات

## ٣-٢-٥ رتبة إكينوستيلياﻻت

## Order: Echinosteliales

تضم الرتبة ثلاثة أجناس تشمل سبعة وعشرين نوعاً. إنها أصغر الهلاميات حجماً. الكتلة الجرثومية بيضاء اللون أو قرمزية شاحبة أو صفراء. الجراب الثمري سريع الزوال fugacious وبالحافظة الجرثومية عويميد، الخصلة الشعرية غالباً غير موجودة.

أجنـــاس الرتبـــة: *Echinostelium*, *Barbeyella*, *Clastoderma*. و(شـــكل رقم ٢-٣-١٨) يظهر البلازموديوم الأولى Protoplasmodium في الهلام *E. mintum*.



شكل (٢-٣-١٨) : البلازمديوم الأولى Protoplasmodium في الكائن الهلامي *Echinoctelium minutum* (X ١٢٠٠). *

## ٢-٣-٢-٦ رتبة إكينو ستيليوبسيدالات

## Order : Echinosteliopsidales

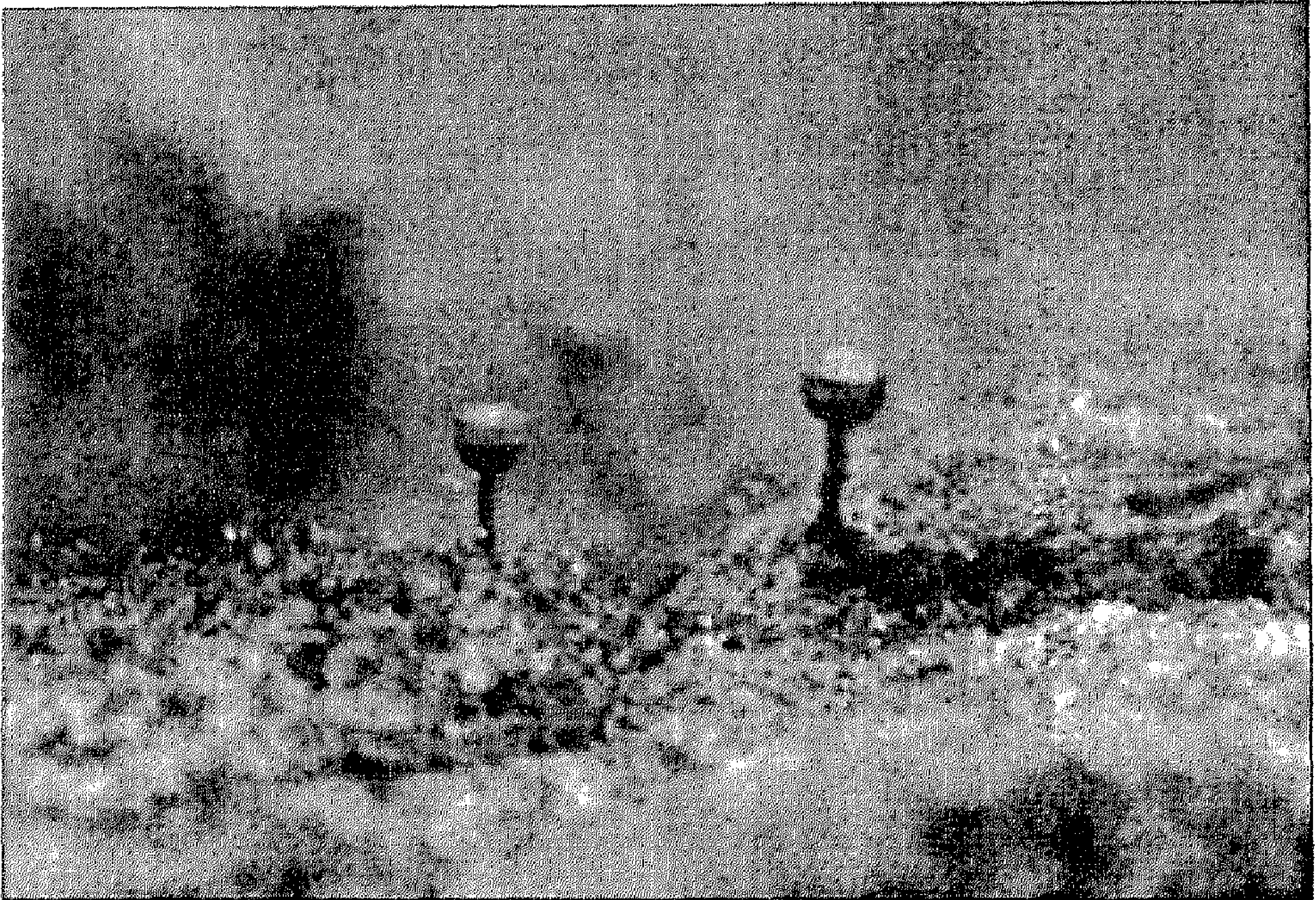
هي رتبة صغيرة تضم جنسين هما *Bursulla* , *Echinosteliopsis*، ويتميز جنسي هذه الرتبة بعدم وجود أي أطوار مسوطة. إلا أن أهم ما يميزها، فهو بدلاً من وجود نوية واحدة بكل نواة، توجد عدة نويات محيطية.

* عن Alexopoulos: انظر قائمة المراجع

## ٢-٣-٢-٧ رتبة ليسيالات

**Order: Liceales**

تحوي هذه الرتبة سبعة وسبعون نوعاً، تضمها تسعة أجناس. الأجسام الثمرية متنوعة، لا توجد بالحوافظ الجرثومية خصلة شعرية حقيقية، وقد يوجد بها ما يسمى بالخصلة الكاذبة Pseudocapilitum، وهي في حقيقتها بقايا أغشية بلازمية، أو جدر حوافظ جرثومية. الكتلة الجرثومية قذرة أو عديمة اللون. وتضم الرتبة ثلاثة فصائل. من أهم أجناس هذه الرتبة *Enteridium* و *Tubigera* و *Lycogala* و *Cribaria* و *Licea*. (شكل رقم ٢-٣-١٩).



شكل (٢-٣-١٩) : الحوافظ الجرثومية في الجنس *Licea*

## مراجع للاستزادة


- Aldrich, H.C., and J.W. Daniel (1982). Cell Biology of *Physarum* and *Dioymium*. Vols. I and II Academic, New York.

- Aldrich, H.C., and C.W. Mims (1970). Synaptonemal complexes and meiosis in Myxomycetes. Am.J. Bot. 57: 935 – 941.

- Blackwell, M. (1974). A study of sporophore development in the Myxomycete *Protophysarum Phloiogenum*. Arch. Microbiol. 99: 331 – 334.

- Dahlberg, K.P. and R.G. Frank. (1977). Spore germination in the Myxomycete *Fuligo Septica.* Evidence for the existence of soluble autocatalytic factor Mycologica 69: 96 – 108.

- Alexopoulos, C.J. (1962). Introductory Mycology. John Wiely Sons, Inc. New York.

## ٢-٤ شعبة بلازموديوفوروميكوتا

## Phylum Plasmodiophoromycota

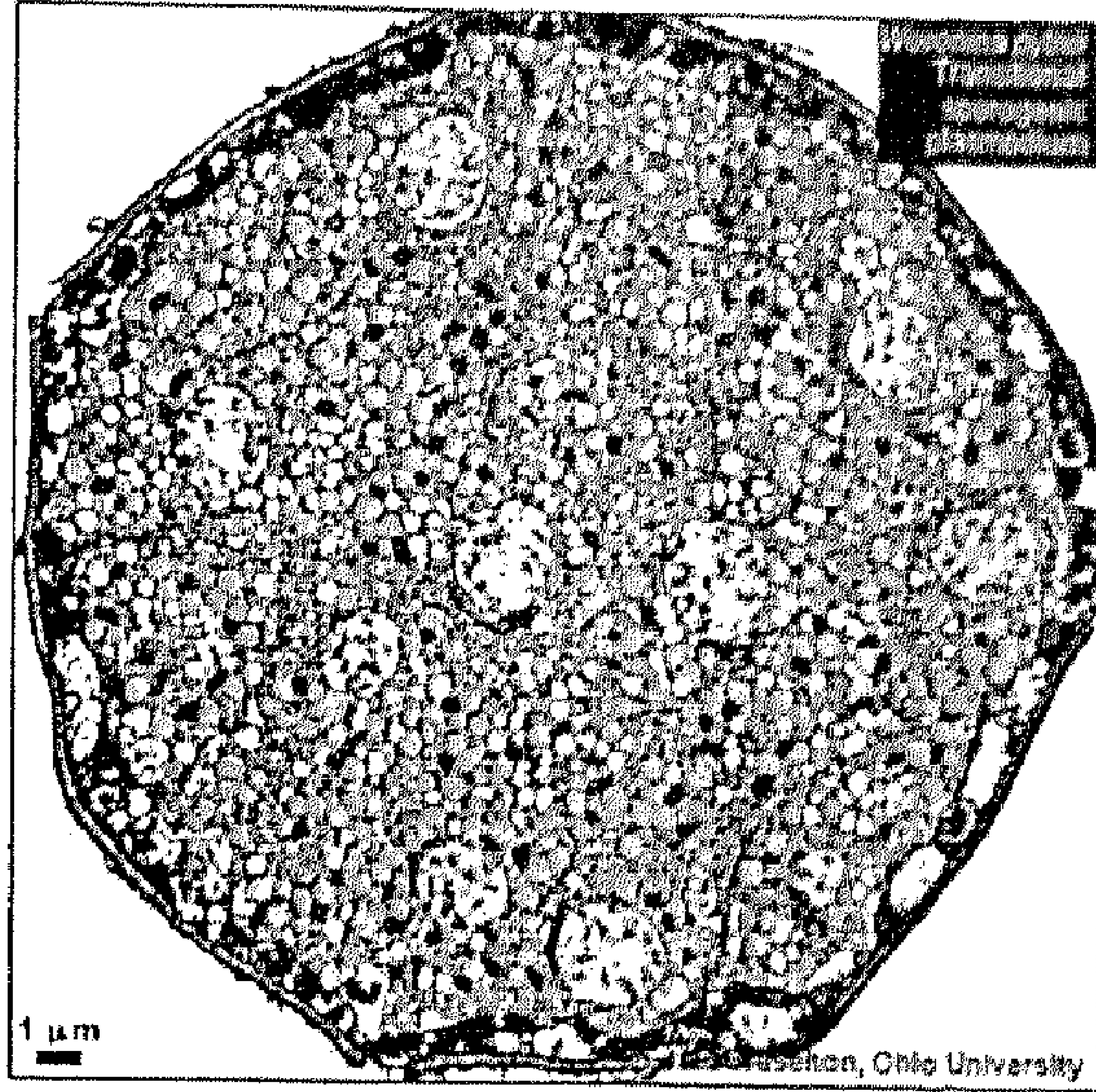
### الأعفان الهلامية داخلية التطفل

### Endoparasitic slime molds

هي شعبة المتطفلات الداخلية على النباتات الوعائية والطحالب والفطريات تضم خمسة وأربعون نوعاً، موزعة على ستة عشر جنساً، تضمهم جميعاً فصيلة واحدة هي Fam. Plasmodiophoroaceae التي تنضوى في رتبة Order: Plasmodiopherales.

أهم الأجناس *Woronina, Tetramyxa, Spongospora, Sorosphaera, Sorodiscus, Polymyxa, Plasmodiophora, Octomyxa, Membranosorus, ligniera*.

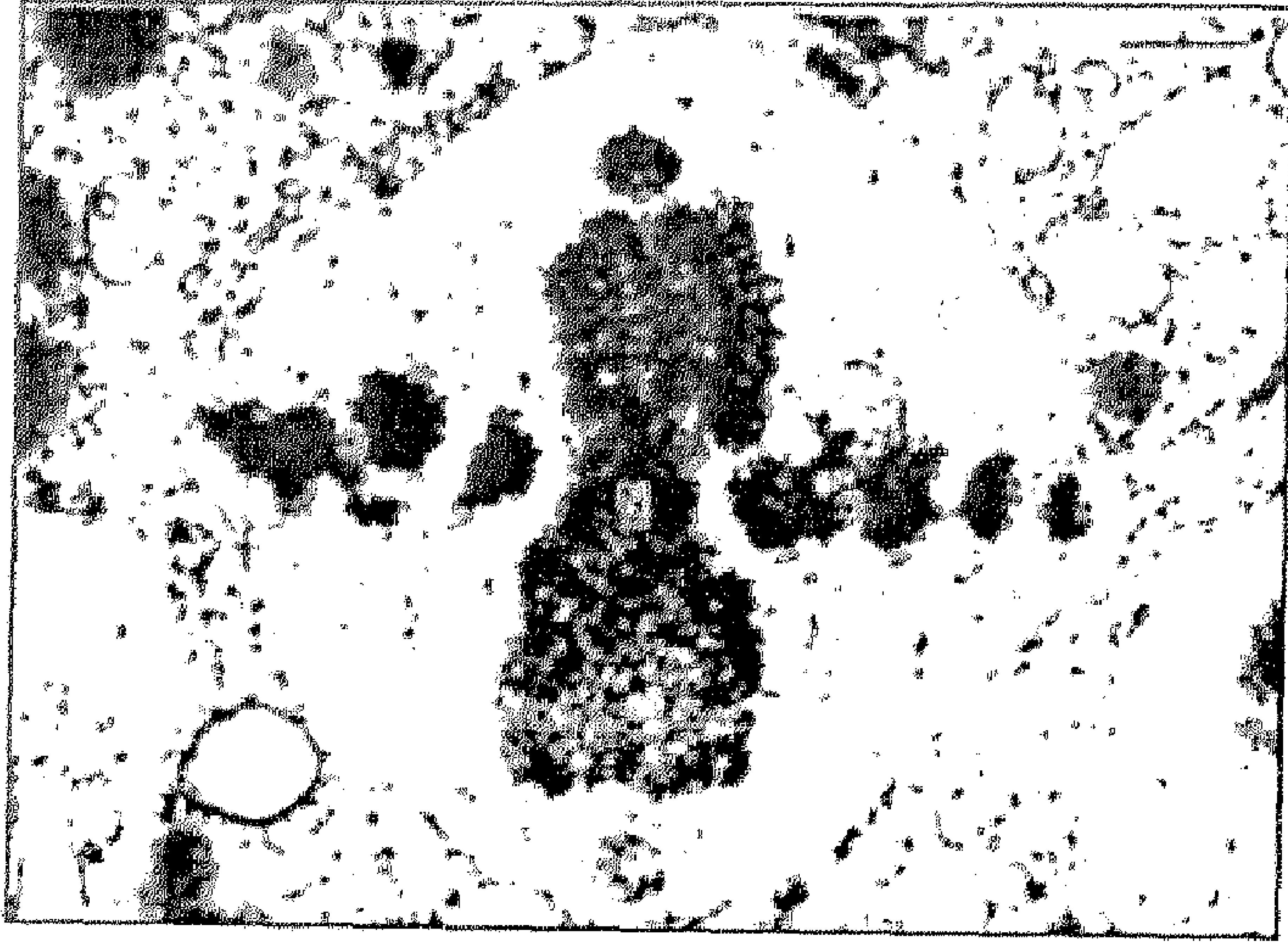
يتطفل الهلام *Woronina polycystis* (شكل رقم ٢-٤-١) على طحلب الفوشيريا Vaucheria وعلى بعض البيضيات المائية من رتبة Saprolegeniales. تتطفل أفراد الجنس *Sorodiscus* على طحلب كارا *Chara* إلا أن أخطرها على الإطلاق هما الهلامين *Plasmodiophora brassicae* المسبب لمرض التورم الصولجاني في جذور نباتات الفصيلة الصليبية، والآخر هو *Spongospora subterranea* المسبب لمرض الجرب المسحوقي في البطاطس. كما ثبت أن بعض الهلاميات تنقل الفيروسات المسببة للأمراض النباتية ومنها الشعير والقمح والبطاطس. تسبب هذه الهلاميات تضخماً غير عادياً لخلايا العائل المصاب يعرف بالتزايد الحجمي أو التضخم hypertrophy، حيث يؤدى لتضخم الأجزاء المصابة من العائل وتمزق العناصر الوعائية في النباتات الراقية. كما يؤدى لحدوث تضاعف غير عادي لخلايا العائل يسمى hyperplasia. وقد تفشل النباتات المصابة في الأزهار.




شكل (٢-٤-١) : بلازموديوم الهلام *Woronina polycystis*

من أهم ما يميز هذه الهلاميات هو الطبيعة المميزة للإنقسام النووي يظهر المغزل داخل النواة ويتصل بالكروموسومات التي تترتب في حلقة حول النوية ثم تنفصل الكروموسومات إلى قطبي النواة، وتبقى النوية وتستطيل في مركز النواة. وبذلك تصبح النوية محاطة بالكروموسومات المنقسمة في وضع صليبي. لذلك يسمى هذا الإنقسام بالصليبي Ceruciform (شكل رقم ٢-٤-٢).

البلازموديوم المتكشف داخل خلية العائل هو الطور الجسدي لهذه الهلاميات. وتعطي البلازموديومات حوافظ جرثومية سابحة، أو قد تعطي جراثيم ساكنة مباشرة، تنشأ عن طريق إنشقاق البلازموديوم إلى أجزاء وحيدة النواة. ولا يوجد أجسام ثمرية في هذه الطائفة. وفى بعض الأنواع قد تتحد الجراثيم الساكنة في كرات جرثومية، وتتحرر خلية واحدة سابحة من إنبات كل جرثومة ساكنة. وتحمل الجراثيم السابحة سوطين أماميين غير متساويين من الطراز الكرباجي. وقد وصف طوراً يعرف الطور عديم النواة akaryote phase، حيث تختفى النواة في هذا الطور، ويصعب الإستدلال عليها باستخدام الصبغات الكاشفة للأنوية.

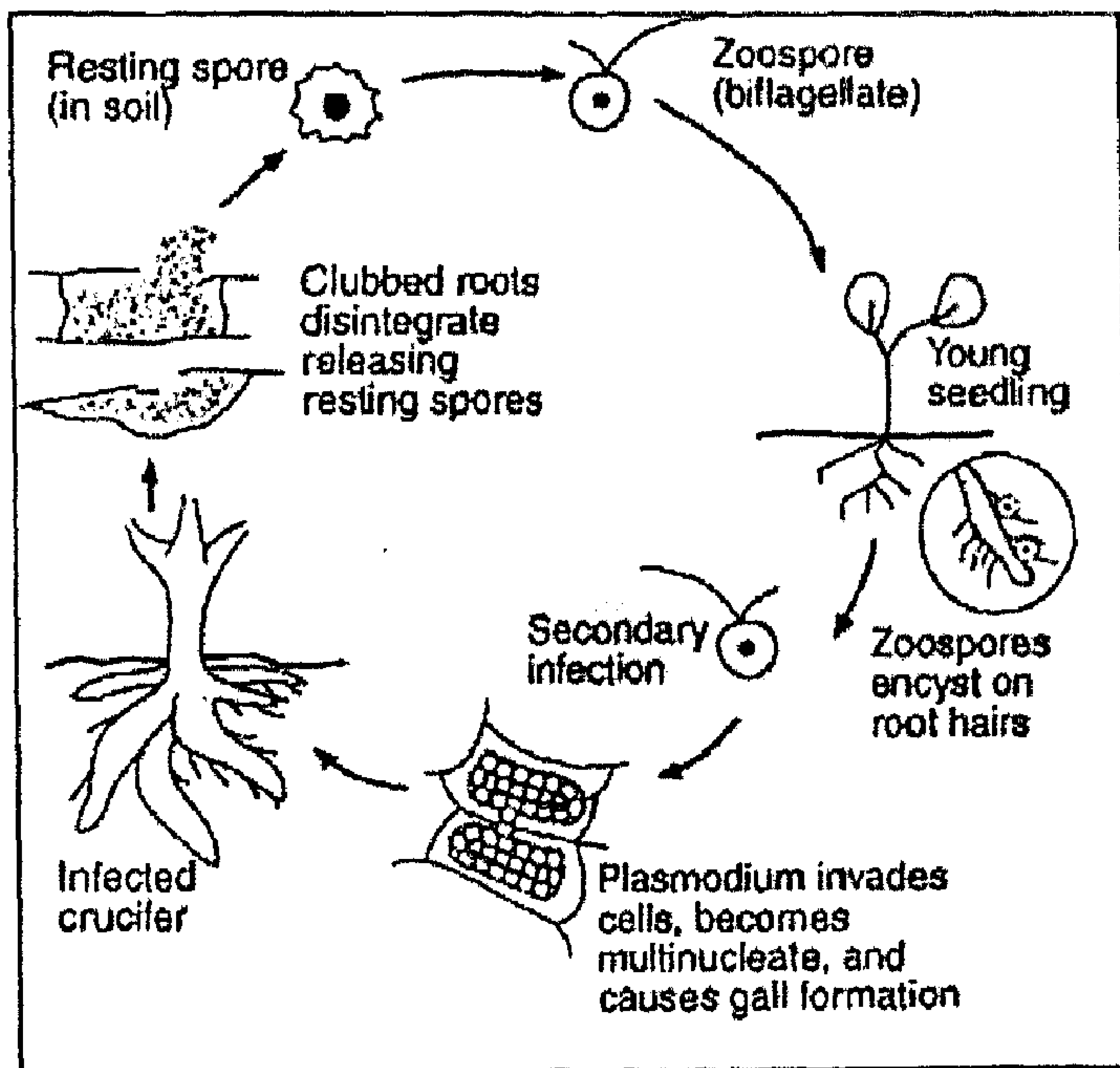


شكل (٢-٤-٢) : الإنقسام النووي الصليبي للهلام الجرثومي للكائن Tetramyxa parasitica الذي يصيب نبات Ruppia martima. تظهر الكروموسومات (C) بوضوح والنوية المتطاولة (N).*

بالرغم من توافر عدد هائل من الدراسات التي أجريت لتحديد دورة حياة هذه الكائنات، إلا أنه لا يمكن وضع نموذج محدد المعالم لها. إلا أنه من المؤكد وجود جراثيم ساكنة وخلايا سابحة وبلازموديومات وحوافظ محتوية على جراثيم سابحة. وتعتبر نقطة الخلاف الرئيسية هي موقع ومكان حدوث المرحلة الجنسية.

وصف وورنين Wronin دورة حياة الكائن المسبب لمرض التورم الصولجاني في جذور الصليبيات وصفاً دقيقاً شاملاً (شكل رقم ٢-٤-٣).

* عن Alexopoulos: انظر قائمة المراجع




شكل (٢-٤-٣) : دورة حياة الكائن *P. brassicae*

فقد أوضح وجود جرثومة ساكنة شفافة، مستديرة الشكل، يصل قطرها إلى أربعة ميكرومترات، تنبت في الوسط الملائم، دون أن تمر بفترة راحة طويلة، تنتفخ الجرثومة إلى أضعاف حجمها الطبيعي، وتعطي جرثومة مسوطة واحدة تخرج من شق في جدار الخلية، تسبح بنشاط، ثم تسكن أو تتحرك بطريقة أميبية، وعندما تصادف شعيرة جذرية، تلتصق بها وتخترقها، وفى فراغ الخلية يتكون البلازموديوم، وقد يمكن مشاهدة عدد منه في خلية الشعيرة الواحدة، إذا ما حدث لها عدة إصابات. وبعد فترة من النمو ينشق البلازموديوم وينقسم إلى أكياس جرثومية مسوطة، يحتوى كل منها على أربع إلى ثمان جراثيم. تنطلق الجراثيم إلى خارج الشعيرة الجذرية، ويلاحظ أن الجراثيم أصغر حجماً. فهل تصيب هذه الجراثيم العائل مرة أخرى، أم أنها تنتهج مسلك الأمشاج المتحركة، فتندمج في أزواج وتصيب العائل كلاقحات؟. ومن المعتقد أن البلازموديومات التى تتكشف عند باكورة

الإصابة تنتج حوافظ جرثومية سابحة، أما تلك التى تتكشف فيما بعد، فتعطي جراثيم ساكنة، ويوضح المخطط المبين دورة الحياة المقترحة لفطر *P. brasscae*، ويوضح (شكل رقم ٢-٤-٤) قطاع في البلازموديوم داخل خلية النبات العائل وهو الكرنب.



شكل (٢-٤-٤): جزء من هلام الكائن *Plasmodiophora brassicae*، داخل خلية الكرنب حيث تظهر أمام P، وتظهر أنوية الهلام N ، جزء من جدار الخلية HCW، سيتوبلازم العائل HC. *

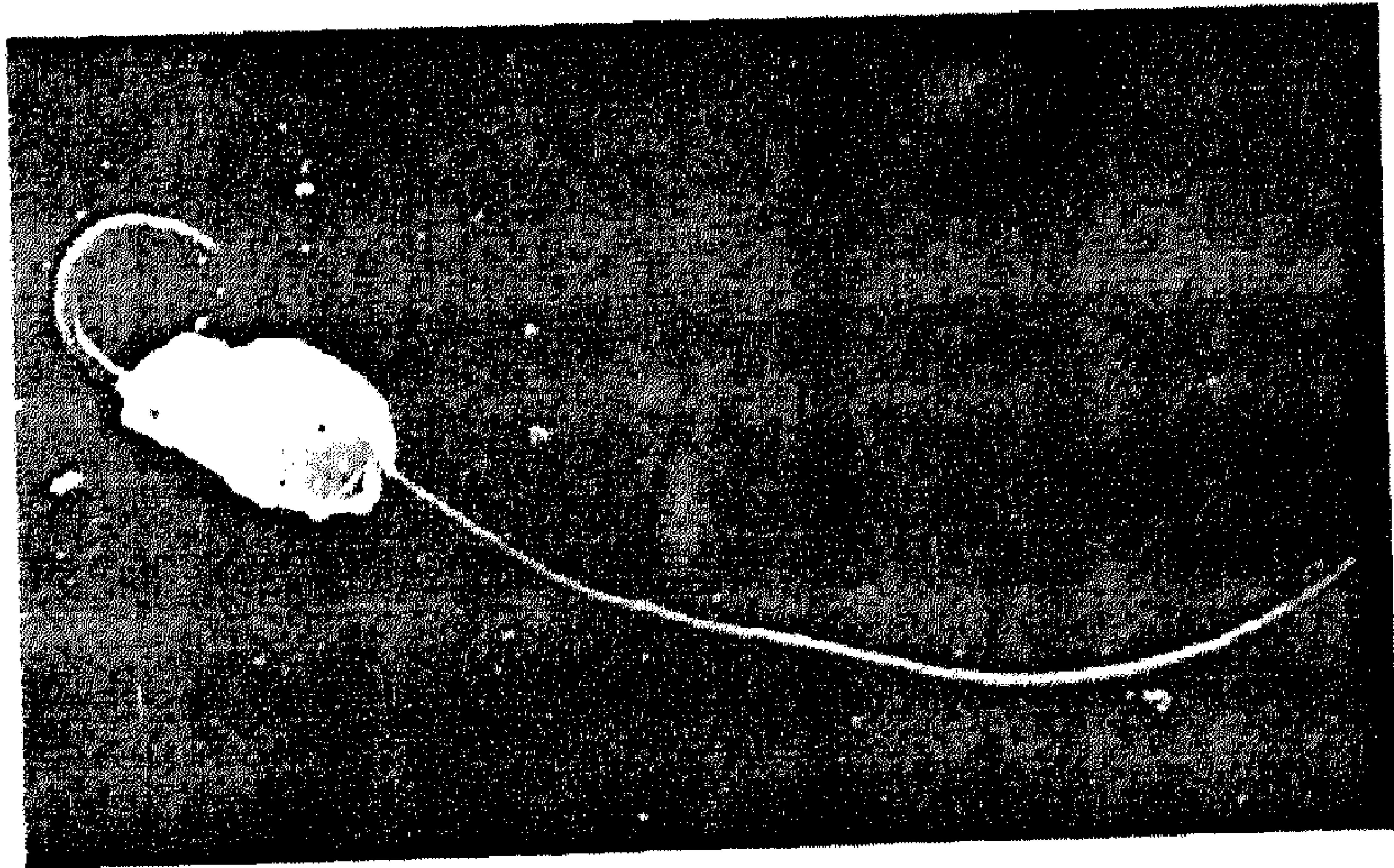
أما عن دورة حياة الكائن المسبب لمرض الجرب المسحوقي في البطاطس *Spongospora subterranean* (شكل رقم ٢-٤-٥)، فتبدأ بأن تنبت الجرثومة الساكنة، فتعطي جرثومة سابحة ثنائية الأسواط (شكل رقم ٢-٤-٦)، تخترق الشعيرات الجذرية (شكل رقم ٢-٤-٧)، يكبر الثالوس في الحجم فيصبح عديد الأنوية، ويتجزأ لتكوين أكياس الجراثيم السابحة، وينقسم بروتوبلازم الكيس مكوناً حوالي خمسين جرثومة ثنائية

* عن Williams, PH, and S. S. McNabola (1967). Can J. Bot 45:1563-1569 :انظر قائمة المراجع

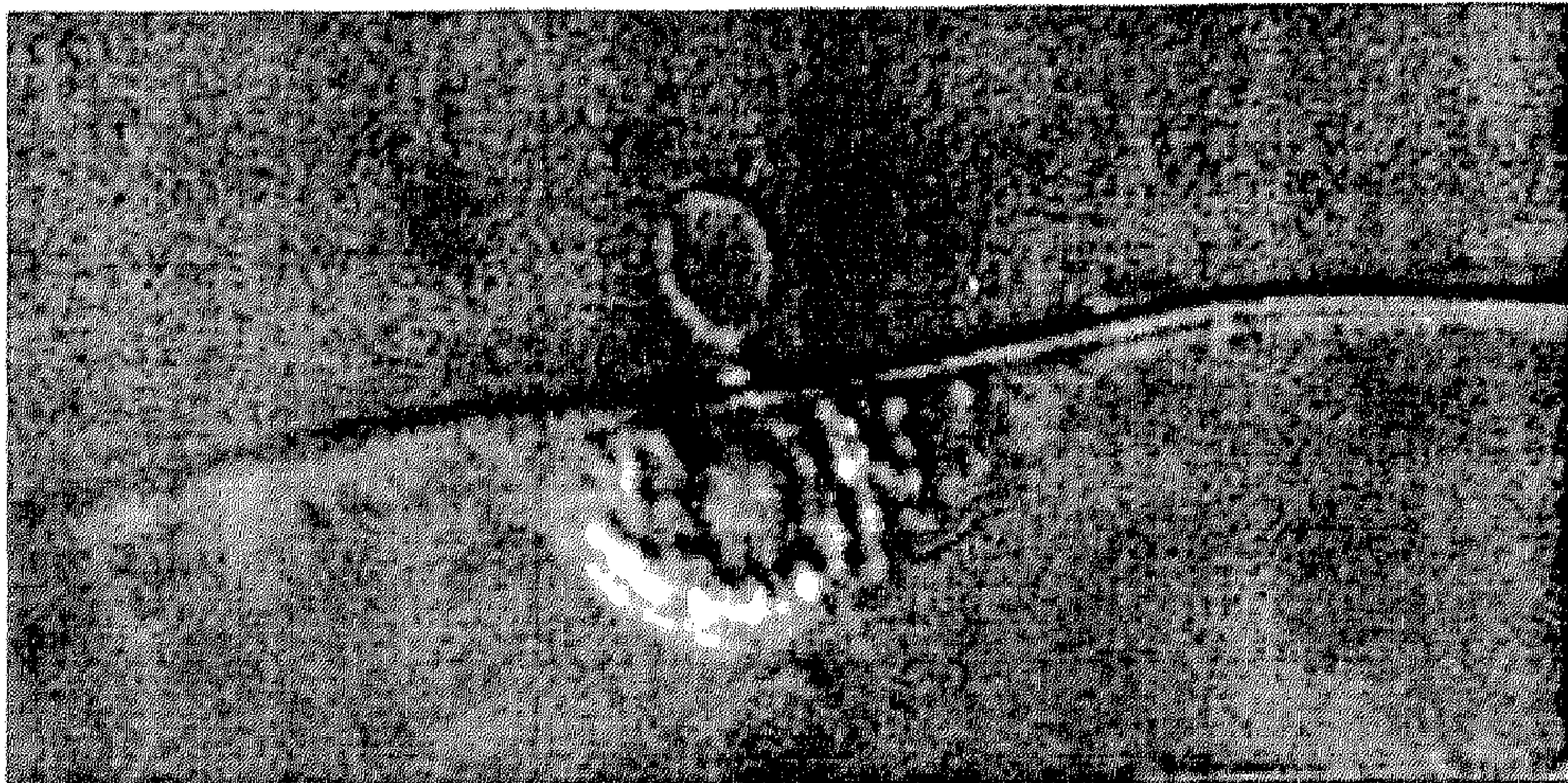
الأسواط (شكل ٢-٤-٨)، تنطلق من فتحة مشتركة في الكيس وجدار الخلية، وقد لوحظ وجود جراثيم ذات أربعة أو ستة أسواط.



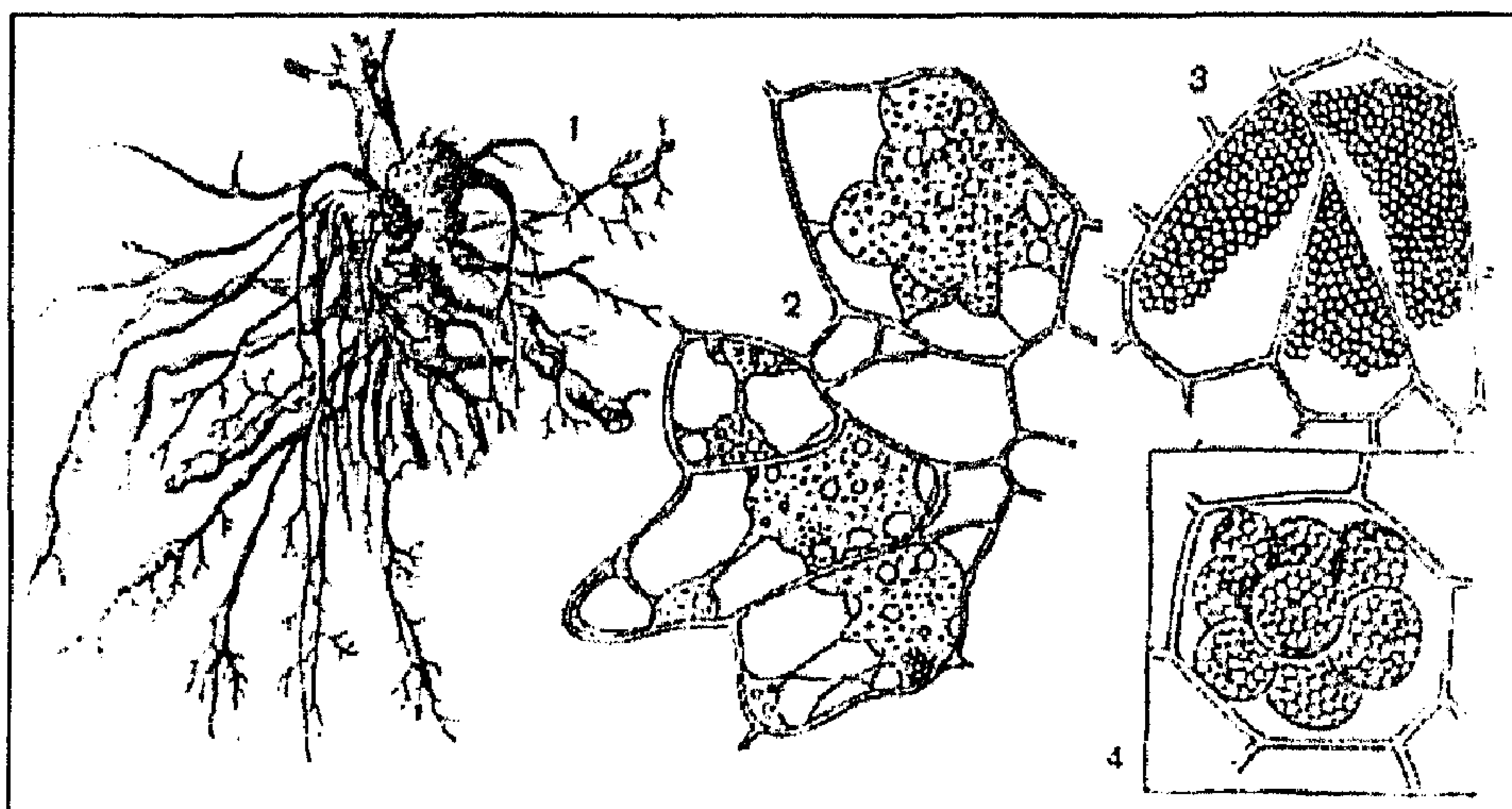
شكل (٢-٤-٥): درنة بطاطس مصابة بالكائن المسبب لمرض الجرب المسحوقي
*Spongospora subterranean*



شكل (٢-٤-٦): الجرثومة السابحة ثنائية الأسواط في الهلام *S. subterranea*



شكل (٢-٤-٧): حدوث العدوى بالكائن *Spongospora subterranea*




شكل (٢-٤-٨): الجرب المسحوقي في البطاطس.

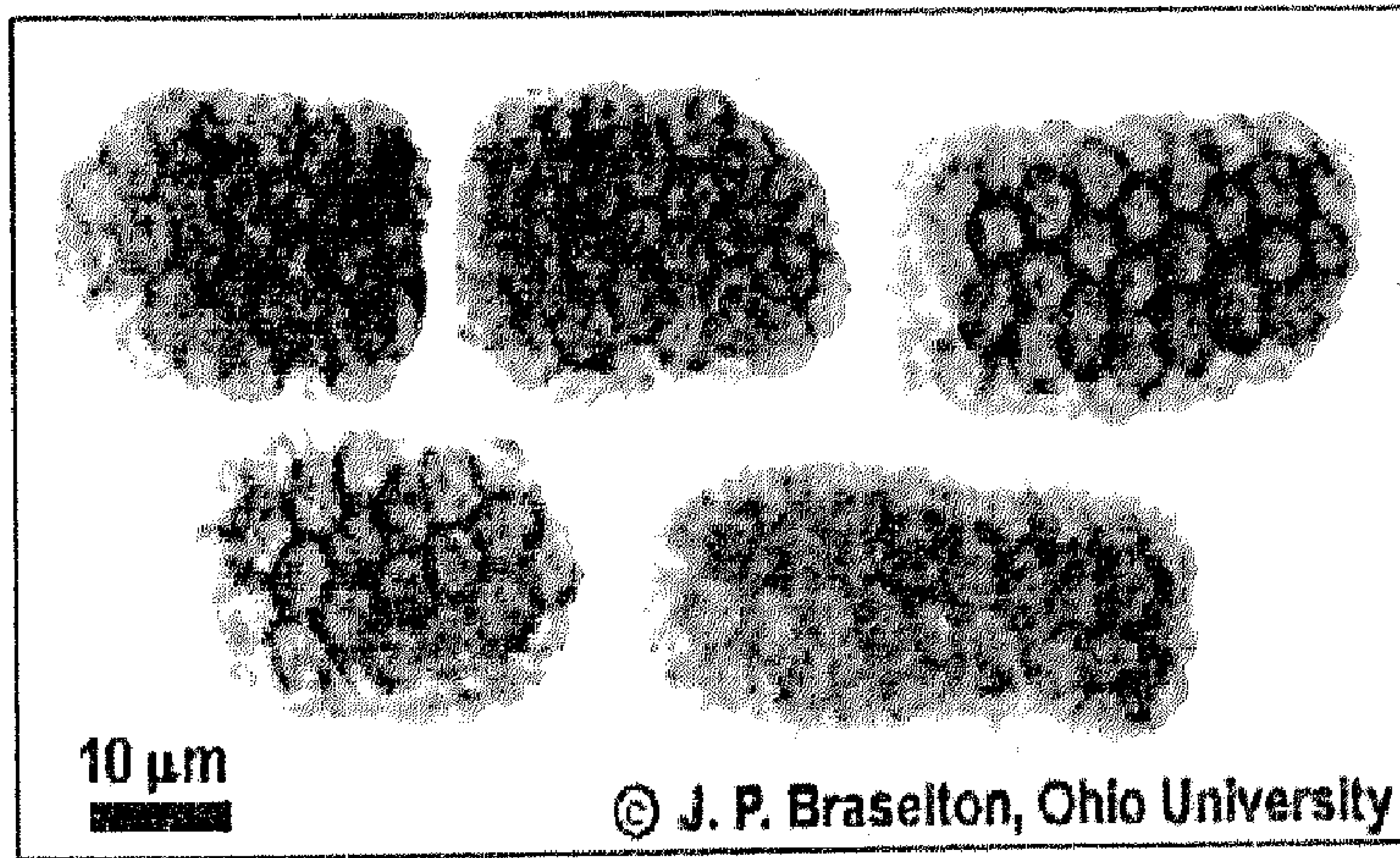
١- منظر عام للجذر المصاب.

٢- خلايا الجذر المصابة حيث يظهر البلازميديوم.

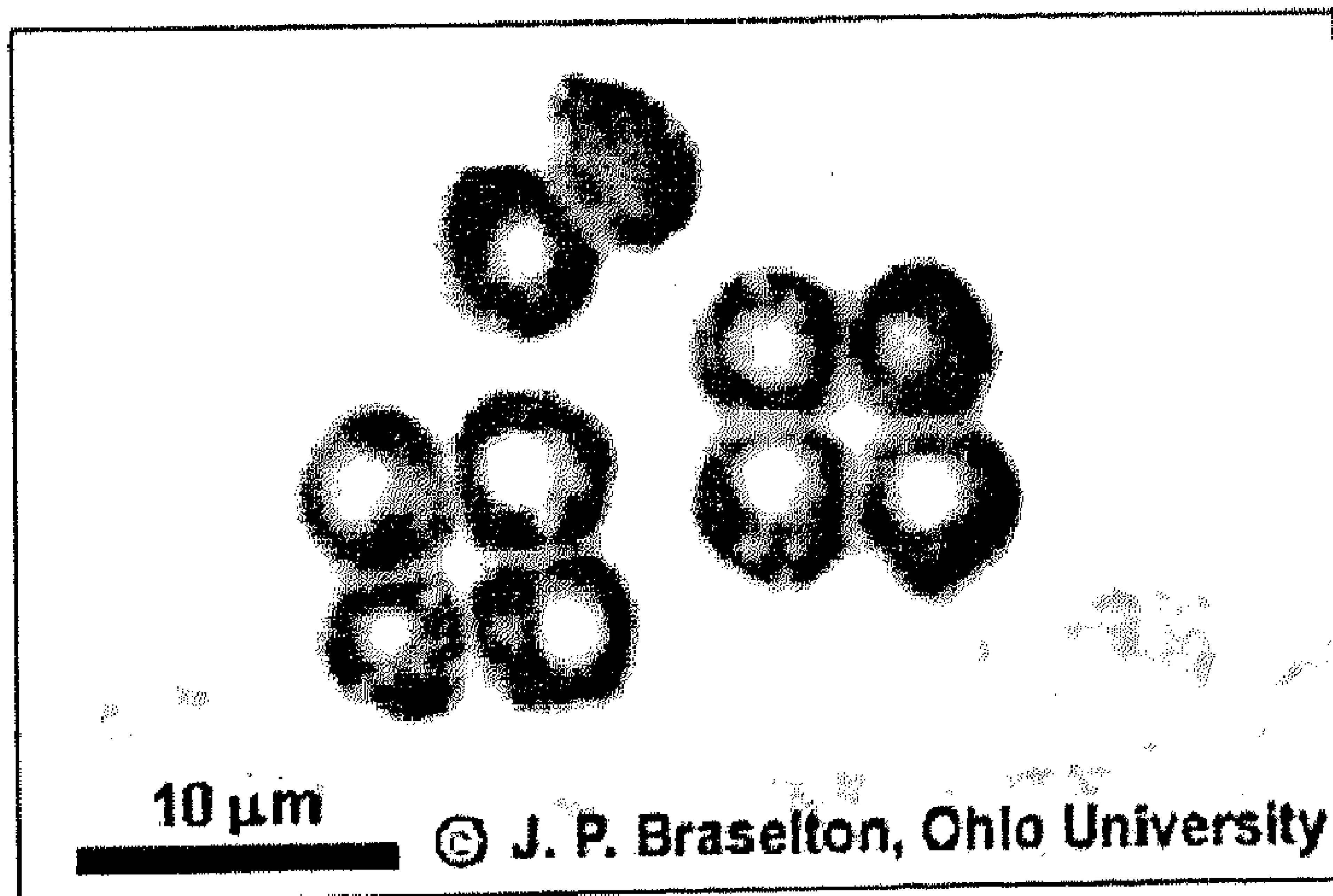
٣- خلايا الجذر ذات جراثيم مسبب المرض.

٤- الكرات الجرثومية.

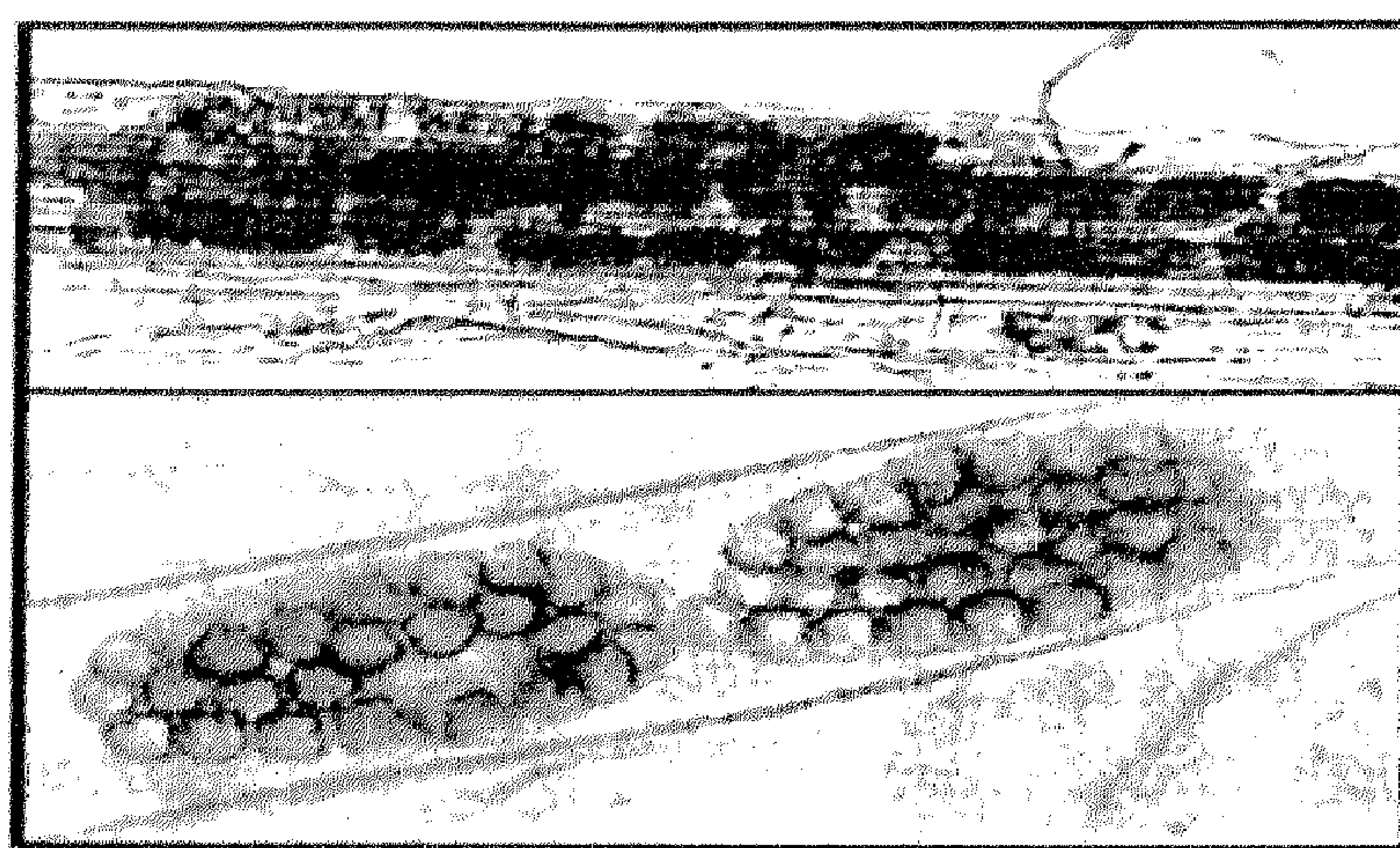
تعد الوسيلة الأساسية لتصنيف الأجناس هو طريقة إنتظام الجراثيم الساكنة. وبالإضافة للأجناس السابق ذكرها، الجنس *Ligniera* ومنه النوع *L. verrucosa* (شكل رقم ٢-٤-٩)، الجنس *Tetramyxa* (شكل رقم ٢-٤-١٠)، الجنس *Polymyxa* (شكل رقم ٢-٤-١١) ومنه *P. graminis* المسبب لتورم جذور القمح، والجنس *Octomyxa* ومنه *O. brevilegnina*.




شكل (٢-٤-٩): الجنس *Ligniera verrucosa*




شكل (٢-٤-١٠): الجنس *Tetramyxa*



شكل (٢-٤-١١): الجنس *Polymyxa*

## مراجع للاستزادة


- Adams, M.J. (1988). Evidence for virus transmission by plasmodiophorid vectors. pp. 203 – 211. In: Viruses with Fungal Vectors. Eds. J.I. Cooper and M.J. Asher. Association for Applied Biologists Warwick, UK.

- Aist, J.R., and P.H. Williams. (1971). The cytology and Kinetics of cabbage root hair penetration by *Plasmodiophora brassicae*. Can J. Bol. 49: 2023 – 2034.

- Braselton, J.R., C.E. Miller, and D.S. Pechak (1975). The Ultrastructure of Cruciferm Nuclear Division in *Sorosphaea veronicae* (Plasmodiophoromycetes). Am. J. Bot. 62: 349-358.

- Buczack, S.T. and S.E. Moxham. (1980) Karyogamy in *Plamodiophora brassica*. Trans Br. Mycol. Soc. 75: 439 – 444.

- Tommerup, I.C. and D.S. Ingram (1971). The Life Cycle of *Plamodiophora brassicae* Woron. In Brassica. Tissue Cultures and in Intact Roots. New Phtol. 70: 327-332.

- Alexopoulos, C.J. 1962. Introductory Mycology John Witey & Sons, Inc. New York.

- Smith, G.M. Cryptogamic Botany Vol. 1. Alyae and Fungi. Sec. Edit. TATA McGRAW-Hill Publishing Comp. L.T.O. Bombay-New Delhi. Hawksworth, D.L., B.C. Sutton and G.C. Ainsworth. 1983.

- Alexopoulos, C.J. & Mims, C.W. 1979. Introductory Mycology, 3rd edn. Wiley, New York.

- Ashworth, J.M. & Dee, J. 1975. The Biology of Slime Moulds. Arnold, London.

- Bonner, J.T. (1967). The Cellular Slime Molds. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

- Aldrich, H.C. & Daniel, J.W. eds. (1982). Cell Biology of *Physarum* and *Didymium*, 2 vols. Academic Press, New York.

- Cavalier – Smith, T (1993). The Protozoan Phylum Opalozoa, J. Euk. Microb. 40: 609-615.

- Olive, L.S. (1975). The Mycetozoan. Academic Press, New York and London.

- Waterhouse, G. (1972). Plasmodiopharmycetes. In Ainsworth, G.C. Sparrow, F.K.., Sussman, A.S. (ed). The Fungi vol 4. Academic Press, New York and London. pp 75-82.

- Gray, W.D. & Alexopoulos, C.J. (1969). Biology of Myxomycetes. Ronals Press, New York.

- Jaffe, D.F. (1958). Morphogenesis in lower plant. Ann. Rev. Plant Physiol. 9: 359 – 384.

- Raper, K.B. and Mildred S. Quinlan. (1958). *Acytostelium leptosomum.* A unique cellular slime mold with an acellular stalk. Jr. Gen. Microbiol., 18: 16-32.



- Young, E.L. (1943). Studies on *Labyrinthula*, the biologic agent of the wasting disease of grass. Am. Jr. Bot., 30: 586-593.

- Daniel, J.W., and H.P. Rusch. (1961). The Pure Culture of *Physarum polycephalum* on a Partially Defined Soluble Medium. Jr. Gen. Microbiol. 25-59.

- Ross, I.K. (1957). Capillitial Formation in the Stemonitaceae. Mycologia, 49: 809-819.





# مملكـــــة الكروميستـــــا

# KINGDOM KROMISTA

- ٣-١ شعبة أوميكوتا Phylum Oömycota
- ٣-٢ شعبة هيفوكتريوميكوتا Phylum Hyphochytriomycota
- ٣-٣ شعبة لابيرانثيولوميكوتا Phylum Lobyrinthulomycota

# مملكــــة الكروميستـــا
# Kingdom Kromista

أطلق على كائنـات هـذه المملكـة متباينـة الأسـواط Heterokonta والفطريـات الكاذبـة Pseudomycotina, Straminopiles Pseudofungi. هـي أحـد ممالـك حقيقيـات النـوى Eukaryota، أفرادها غالباً وحيدة الخلية، خيطية أو مستعمرات ضوئية المعيشة. لا يوجـد بجدارها الشيتين بل يوجد بيتا-جلوكان. إذا ما وجدت بلاستيدة فيها فإنها تتوضع داخـل شبكة بلازمية داخلية محببة lumen، لا يوجد نشا كمادة مخزنـة والـ phycobilisomes (الأجسام الفيكوبيلية) ذات غلاف من غشائين (داخلي ومحيطي). إذا ما وجـد الكلوروفيـل فهو من النوع a و c. الميتوكوندريا ذات أعراف أنبوبيـة وتوجـد أجسـام جولـوجي وأجسـام بيروكسـيمية. إذا مـا وجـدت أسـواط، فالسـوط صـلب، أنبـوبي وأحيانـاً ذو زوائـد شـعرية (بهرجاني).

الكائنات حرة المعيشة غالباً، الكثير فيهـا ميكروسـكوبي (مـع وجـود اسـتثناءات مثـل الطحالب البنية).

تضم المملكة عشرة شعب أو ثلاث شعب وثمانيـة تحـت شـعبة، تضـم عـدد كـبير مـن الطحالب الذهبيات والبنيات والدياتومات.

أما شعب الكائنات الشبيهة بالفطريات، فهي قـد فقـدت الكلوروفيـل وتعـد جـزء مـن تحت مملكة Subkingdom Heterokonta.

لم يستقر الـرأي علـى الوضـع التقسـيمي داخـل المملكـة. وقـد قبـل Corliss (١٩٩٤)

الكائنات التي يدرسها علماء الفطريات ضمن هذه المملكة وتقع في ثلاث شعب:

.Phylum Labyrinthulomycota, Phylum Hyphochytromycota, Phylum Oomycota

## مراجع للاستزادة


- Corliss, J.O. (1994) An Inerim Utilitarian (user frindly) hierarclial classification and the characterization of the protests: Acta Protozool. 33, 1-51.
- Cavalier – Smith, T. (1988) Arevised Six Kingdum System of Life. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society.79, 203-266.

## ٣-١ شعبـة أوميكوتـا (البيضيـات)

## Plyum Oomycota

منذ قرابة ٤٦٠٠ مليون إلى ٦٠٠ مليون سنة مضت أثبتت الدراسات الأحفورية (المستحثات) وجود تراكيب من كائنات دقيقة من الطحالب الجيرية الأولية وبعض التجمعات من بكتريا لاهوائية وبقايا لصور متحوصلة من صور الحياة، لم يسعفها الحظ لتحفظ كاملة في صخور القشرة الأرضية لعدم وجود هيكل صلب لها، يمكن أن يعكس تركيبها أو نمط معيشتها.

هذا العصر يطلق عليه العصر ما قبل الكامبري Precambrian era أو ما يسمى حقبة الكريبتوزي Cryptozoic. في هذه الحقبة ظهر فرع جديد في شجرة تطور الكائنات من أحد الطحالب الذهبيات Xanthophyceae وحيدة الخلية ذات سوط بهرجاني الطراز والذي تفرع في أعلاه إلى الكائنات المسماه اللأبيرانثيولات وهيفوكتيريالات والبيضيات والطحالب البنيات والدياتومات.

ومما يؤكد هذا الاعتقاد أن بعض الطحالب الذهبيات ذات تركيب هيفي، وعبر احتفاظها بالتغذية الامتصاصية وفقدها المقدرة على عملية البناء الضوئي، ظهرت الفطريات البيضية. وقد تطورت البيضيات في الفترة التي ظهرت فيها الطحالب والحيوانات متعددة الخلايا وأصبحت الهيفات قادرة على اختراق هذه الكائنات أو مترممة على بقاياها مما شكل وفرة غذائية لها.

تفيد الدراسات الكيموحيوية وتركيب الأعراف في الميتوكوندريا وتعاقب النيوكليتيدات المشفرة لتحت الوحدة الصغيرة للريبوسومات Small sub unit of rDNA من الأدلة الهامة على صحة هذا الافتراض.

فبناء الحمض الأميني ليسين Lysine synthesis وتركيب الجدار الخلوي وبناء

الأحماض الدهنية طويلة السلسلة وبناء الحمض الأميني تريبتوفان ومدى التشعب في تركيب عديدات الكحول اللاحلقية acyclic polyols من أهم ما أجرى من دراسات لتوضيح وشائج القربى بين هذه المجموعة من الكائنات من ناحية وبقية الفطريات من ناحية أخرى.

فمن المعروف أن عملية بناء الحمض الأميني ليسين تمر عبر أحد مسارين. إما عبر المسار المعروف a, ε. diaminopimelic acid pathway [مسارDAP] أو عبر مسار L-a-aminaoadipic acid pathway [مسار AAA]. ولم يعثر على دليل يشير إلى أن كلا المسارين يحدثان في كائن واحد. وتدل الدراسات على أن مسار DAP يحدث في البيضيات والهيفوكتيريالات. أما مسار AAA فيوجد في غيرها من شعب الفطريات. كما أن المسار DAP يوجد في أوليات النواة والطحالب.

تحتوي البيضيات على مادة الكوليسترول Cholestrol, Alkylidine Cholestrols ويغيب فيها الارجسترول ergostrol، والأخير هو الإستيرول النموذجي السائد في غيرها من الفطريات.

تدل دراسات تركيب الجدار الخلوي والتي تعد أحد الوثائق الهامة لتحديد أواصر القربى بين الفطريات، على مدى التباعد الشديد بين البيضيات وهيفوكتيريالات من جهة، عن غيرها من طوائف الفطريات، حيث أن بقية طوائف الفطريات لا تحوى السليولوز في جدرها الخلوية.

يتم بناء الحمض الأميني ل.تريبتوفان L.tryptophane عبر سلسلة إنزيمية لا تختلف بإختلاف الكائنات، تبدي بعض هذه الإنزيمات خواص إرتباطية محددة في نظام الترسيب أثناء مراحل التنقية، مما يعكس وجود عنقود جيني- أو ما شابهه لكل منها.

عرف من هذه النظم الترسيبية ثمانية نظم (الأنماط من 0 إلى VII) خمس منها توجد في

الفطريات. ثبت وجود النمط IV (الرابع) في البيضيات والنمط II في الأسكيات والنمط VI في البازيدية الراقية.

عديدات الكحول اللاحلقية، واسعة الانتشار في الفطريات، وتعتبر من أهم مواد التخزين الرئيسية. لذلك فإنها تستخدم كعلامة هامة على العلاقات التطورية. يمكن تمييز ثلاث حالات: P0 حيث لا يحوي الفطر أي من عديدات الكحول، P1 توجد عديدات الكحول باستثناء المانيتول، P2 حيث يوجد المانيتول مع غيره من عديدات الكحول. ويغيب عديد الكحول تماماً في البيضيات مما يؤكد وجود مسافة تطورية بين هذه المجموعة من الكائنات (البيضيات) وغيرها. ويعد وجود المانيتول علامة على وجود الميسليوم المقسم.

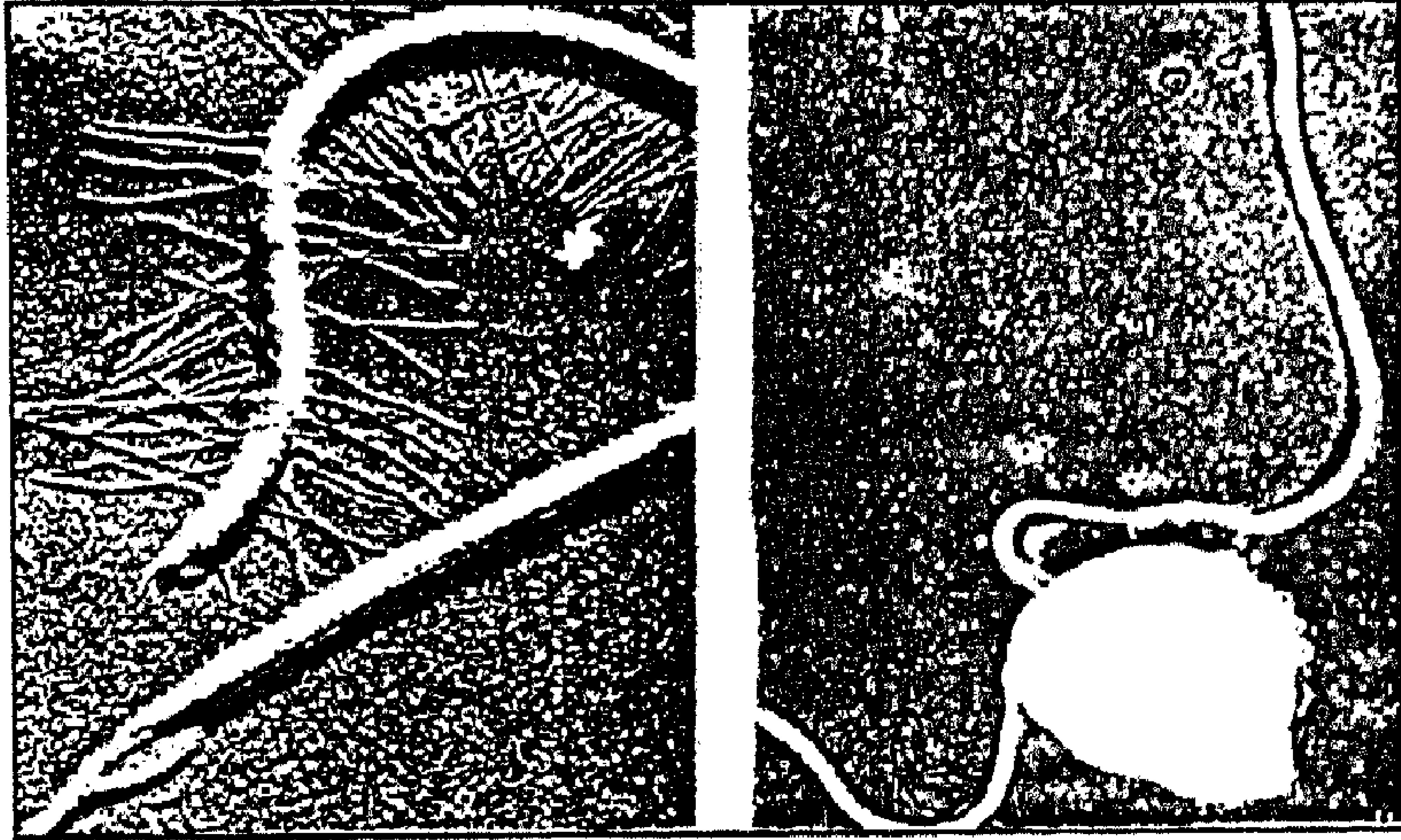
وعلى ذلك، فالبيضيات والهيفوكتيريالات ولابيرانثيولات مع الدياتومات، والطحالب البنية والطحالب الذهبيات توضع في مملكة الكروميستا.

هذه الكائنات ذات أعراف ميتوكوندرية أنبوبية tubular mitochondrial cristae وسوط بهرجاني ذو شعيرات أنبوبة ثلاثية tripartite tubular flagellar hairs (شكل رقم ٣-١-١).

ومن الأدلة على الارتباط بين البيضيات والطحالب أنه لازال الكثير من أفرادها مترممات مائية، وبعضها متطفلات على الحيوانات المائية والطحالب.

ومن الكائنات التي يهتم بها الميكولوجيين ذات الأهمية الاقتصادية البالغة، تلك المتطفلات على النباتات الوعائية. بعضها مثل أفراد جنس *Pythium* يمكنه المعيشة كمترمم أو متطفل إماتي ذو مدى عوائلي واسع وليست له متطلبات غذائية خاصة. أفراد جنس *Phytophthora* هي متطفلات إماتية إجبارية Obligate necrotrophic parasit ذات عدد محدود من العوائل وذات متطلبات غذائية عالية. مسببات البياض الزغبي والصدأ الأبيض هي متطفلات إجبارية حياتية Oldigate biotrophic parasites ذات مدى

عوائلي محدود، ولا تنمو على المنابت الإصطناعية.



شكل رقم (٣-١-١):

صورة بالميكروسكوب الإلكتروني للجراثيم السابحة للفطر البيضي *Phytophthora palmivora*، حيث يلاحظ وجود سوطين أحداهما طويل وهو الأمامي ذو الزوائد والآخر قصير، أملس (كرباجي الطراز). والصورة الأخرى إلى اليسار توضح التركيب الدقيق لكلا السوطين.*

كثير من أنواع جنس *Phytophthora* تنتج جراثيم متحركة، وهذه تحت ظروف الجفاف تعمل كجراثيم كونيدية، ويظهر هذا الجنس علامة تطورية هامة حيث يتجه من المعيشة المائية إلى الأرضية، ومن الاحتياجات الغذائية غير محددة إلى متطلبات غذائية خاصة ومن الترمم إلى التطفل الاختياري إلى التطفل الإجباري ومن التطفل الإماتي إلى التطفل الحياتي.

وعلى ذلك فالبيضيات هي كائنات تتكاثر لا جنسياً عن طريق إعطاء جراثيم سابحة ثنائية السوط، أحدها طويل بهرجاني الطراز يتجه لمقدمة الجرثومة والآخر قصير كرباجي

* مأخوذ عن The Fungi: انظر قائمة المراجع

الطراز. والجرثومة السابحة ذات تركيب داخلي خاص (انظر المقدمة). الثالوث ثنائي المجموعة الكروموسومية ويحدث الانقسام الاختزالي قبل تكوين الجاميطات. وتتكاثر جنسياً عن طريق تلامس الجاميطات ويؤدي التكاثر لإعطاء جرثومة بيضية سميكة الجدار Oospore.

توجد أفراد البيضيات كمجموعة في جميع أنحاء العالم في الماء العذب والمالح، كما توجد أفراد تعيش في التربة. بعض الأنواع تعيش كمتطفلات على النباتات وبعضها يعيش على البقايا الميتة من النباتات والحيوانات. وبذلك، فهي تلعب دوراً هاماً في تحليل وتدوير المغذيات في النظام المائي.

تشمل البيضيات أنواعاً وحيدة الخلية، كلية الإثمار إلى حقيقة الإثمار أو ذات ميليسوم متفرع، والميلسيوم مدمج خلوي.

## ٣-١-١ التقسيم:

اختلفت الآراء حول تقسيم البيضيات، ويرى Sparrpow أن أفراد شعبة البيضيات قد سارت في خطين منفصلين، الأول يشمل الأنواع الشبيهة بخواص البيضيات السابروليجينية Saprolegnian والآخر يشمل البيضيات البرونوسبورية Peronosporian، حتى أن البعض نادى بتقسيم شعبة البيضيات إلى تحت طائفتين هما Subclass Saprolegniomycetidae والآخرى Subclass Peronosporpmycetidae ويطلق على كائنات المجموعة الأولى بالأعفان المائية والثانية البيضيات الأرضية، حيث أن غالبيتها متطفلات على النباتات. وتتضح العلامات التطورية بين السابروليجينيات إلى البرونوسبورات في كثير من الصفات. وهذه كما أوضحها Barr (١٩٨٣) تشمل الانتقال من المرحلة الترمية إلى التطفل الاختياري

ثم التطفل الإجباري، فقد القدرة على بناء الستيرولات، اختزال قطر الهيفا وظهور الممص في الفطريات ذات التغذية والنمو البين خلوي، فقد المقدرة على تكوين الجراثيم السابحة الأولية، وفي الأنواع عالية التطور يميل اتجاه التطور نحو تكوين إسبورانجيات تنبت مباشرة بإعطاء أنبوبة إنبات بدلاً من تكوين الجراثيم السابحة، تطور الحوامل الاسبورانجية المتخصصة، نقص عدد البويضات داخل الحافظة البيضية وظهور البلازم المحيطي، نقص عدد الأنثريدات، تعطيل ظاهرة التجانس الثالوس لصلحة عدم تجانس الثالوس.

تضم شعبة الفطريات البيضية طائفة واحدة هي طائفة البيضيات Class: Oomycetes، تحوي ٦٥ جنساً تضم عدداً يتراوح بين ٥٠٠ إلى ٨٠٠ نوع. وفيما يلي مفتاح مبسط لرتب وفصائل الفطريات البيضية.

## مفتاح مبسط لرتب وفصائل الفطريات البيضية

١- الجراثيم المتحركة ذات سوط بهرجاني أو سوطين إما متماثلين أو مختلفين في الشكل، أحدهما بهرجاني، الطور المغتذي يكون مغطى بجدار Oomycetec.................٢

- الجراثيم المتحركة ذات سوط أو سوطين مختلفين، إلا أن أحدهما لا يكون بهرجاني، الثالوس عار في طوره المغتذي. Order Rozellopsidales

٢- الثالوس مغطى بجدار، أو على الأقل يحاط بجدار في نهاية الطور المغتذي، إذا كان الفطر داخلي التطفل، فإنه يتواجد داخل الغشاء البلازمي للعائل، الجاميطات -إن وجدت- غير متحركة Oomycetes.........................................٣

- الثالوس بلازمويد في الطور المغتذي، يعيش الثالوس بين الجدار والغشاء البلازمي لخلية العائل، الجاميطات متحركة (Fam Lagenismaceae) Order Lagenismales.

٣- الميسليوم ذو تفرعات هيفية: مقسم أحياناً (نادراً ذو قطر شديد الضيق) أو يكون ذو انحناء أو نهاية مستديرة (allantoids) توجد أو لا توجد جدر عرضية، وإذا وجدت يتكون له كيس إسبورانجي ذو فقاعة، تختلف الحوافظ البيضية عن الأنثريدات شكلاً.........................................................................٤

- الثالوس غير محدود النمو أو محدود النمو، غزير التفرع، منحنى olpidioid (نادراً ما يعطي ميسليوم كاذب)، تتولد الجراثيم السابحة داخل الكيس الإسبورانجي، وإذا ما تمايزت خارج الكيس فبدون فقاعة خارجية، الجاميطات تتكون بوفرة ولا تختلف شكلياً.........................................................٩

٤- تتولد البيضة مركزياً، ذات بلازم محيطي ثابت ودائم، الحامل الإسبورانجي - الكونيدي واضح التمييز (غالباً متطفلات على أوراق وسوق النباتات).

Order Peronosporales

- البويضات موزعة على محيط جدار الحافظة البيضية أو تتجمع مركزياً داخلها، البلازم المحيطي قليل، الحوامل الإسبورانجية - الكونيدية غير متمايزة.....................٥

٥- الهيفات أسطوانية متجانسة القطر (أقل من ٢٠ ميكرومتر).........................٦

- الهيفات أسطوانية سميكة (حوالي ٢٠ ميكرومتر في القطر) يتزايد القطر مع تقادم العمر (حتى ١٥٠ ميكرومتر) تتولد الجراثيم السابحة داخل الأكياس الإسبورانجية، تتولد البويضات محيطياً، الجراثيم البيضية شبه بيضاوية وهي لا تملأ فراغ الحافظة البيضية، الجراثيم البيضية ذات بيضة ممتلئة بسائل متجانس أو حبيبية، المكونات الدهنية متباينة.

Order Saprolegniales

٦- الهيفات شديدة الضيق يقل قطرها عن ٥ ميكرومتر، قد لا تتكون جراثيم إسبوراتيجية

أو تتولد داخل أكياس إسبورانيجية، الجراثيم البيضية ذات جدار سميك، عادة ممتلئة بالحافظة البيضية verrucate مجانبة plerotic أو قريبة منه، الجرثومة البيضية ذات خلية بيضية متجانسة، محدودة الدهون، تتطفل على نباتات الفصيلة Poaceae.

Order Sclerosporales

- الهيفات يتراوح قطرها من ٦ إلى ١٠ ميكرومتر، تتولد الجراثيم السابحة داخل الكيس ذو فقاعة بلازمية أو كيس إسبورانجي فوقي، وقد يغيب الكيس الفوقي، جدار الجرثومة البيضية رقيق عادة، الجراثيم البيضية لا تكون مجانبة، الجرثومة البيضية ذات بقعة شفافة، الدهون قليلة. Orde Pythiales

٧- الجرثومة البيضية الوليدة ذات بلازم محيطي يحوي أنوية قطع الثالوس، تتوصل عن طريق تكوين جدر عرضية ضيقة، تتمايز الجاميطات إلى أنثريدات وحوافظ بيضية، مترممات. Order Ripidales

- الثالوس محدود النمو، بدون جذيرات، البيضة الوليدة ذات بلازم محيطي يحوي أنوية، تتولد الجراثيم السابحة داخل الكيس الإسبورانجي أو داخل حوصلة (فقاعة) غشائية........................................................................٩

- البيضة الوليدة ذات بلازم محيطي عديم الأنوية، تتولد الجراثيم السابحة داخل الكيس الإسبورانجي، أو داخل حوصلة precipitative...............................١٠

٨- الثالوس غير محدود النمو ذو خلية قاعدية، وجذيرات، قطع الثالوث تنفصل عن طريق سدادة قصيرة غليظة ضيقة، تتمايز الجاميطات إلى حوافظ بيضية وأنثريدات، مترممات

Order Rhipidiales

- الثالوس منحنى محدود النمو بدون جُذيرات، الجاميطات غير متمايزة، يفترض أنها automictic، متطفلات داخلية. Family Lagenaceae

٩- الثالوس محدود أو منحنى أو مرجاني إلى ميسليوم كاذب، أفرادها تعيش في الماء العذب أو أرضية (نادراً ذات أنواع بحرية).

- الثالوس أنبوبي، كيسي أو Olpidoid، نادراً مفصص، لكنه ليس محدود أو مرجاني أفرادها بحرية المعيشة............................................................١٨

١٠- الأسواط البهرجانية ذات شعيرات ثلاثية أنبوبية، مرتبة في صفين...............١٢

- الأسواط البهرجانية ذات شعيرات أنبوبية ثلاثية مرتبة في صف واحد.

Family Crypticolaceae

١١- الجراثيم السابحة (أو حوافظ الجراثيم السابحة، أو الجراثيم غير المتحركة) صغيرة إلى صغيرة جداً (أصغر من ٦٠ ميكرومتر في الحجم) ذات إنغماد سوطي تحت قمي، متطفلات داخلية إجبارية، الثالوس Olpidioid أو منحنى، ليس مقسماً على الإطلاق.............................................................................١٣

- الجراثيم السابحة (حوصلات الجراثيم السابحة) متوسطة — صغيرة (أكبر من ٦٠ ميكرومتر حجماً) أو كبيرة (أكبر من ٣٠٠ ميكرومتر حجماً) ذات إنغماد سوطي جانبي في الجراثيم السابحة الثانوية، عديدة الفترات السابحة، مترممات أو متطفلات، الثالوس عادة متطاول، غالباً مجزأ عن طريق انقباضات أو حواجز عريضة، نادراً Olpidioid.........................................................................١٤

١٢- حوافظ الجراثيم السابحة ذات رقبة إخراجية واحدة، متجانس جنسياً، الثالوس الجامطي المغطى (الذكري) يختلف حجمياً عن المستقبل (الأنثوي)، يحدث الإخصاب عن طريق أنبوبة إخصاب، الجراثيم البيضية plerotic ذات ترسيبات خارجية، متطفلات على الفطريات البرنوسيورية والطحالب الخضراء.

Order Olpidiopsidales

- حوافظ الجراثيم السابحة ذات عدة رقبات إخراجية، متطفلات على الدياتومات والذرميدات. Family Ectrogellaceae

١٣- الثالوس برعمي، مرجاني، مفصص ونادراً olpidioid قد يقسم بجدر عرضية، القطع الناتجة ليست متماثلة، الجراثيم السابحة متوسطة أو كبيرة الحجم (أكبر من ١٧٥ ميكرمتر) متوافقة جنسياً أو غير متوافقة جنسياً، الجاميطة المعطية -إذا وجدت- أصغر من الحافظة البيضية. يحدث الإخصاب عن طريق قناة الإخصاب أو هيفا إخصابية، الجرثومة البيضية ذات خلية بيضية شفافة وذات نظم مختلفة لترسيبات الدهون........................................................................١٥

-الثالوس في البدء أنبوبي، أحياناً متفرع، يصبح مقسم، الجراثيم السابحة متوسطة الحجم (أقل من ١ ميكرومتر)، متجانسة جنسياً أو ذاتية الإخصاب، الجاميطات متباينة الأحجام، يحدث الإخصاب عن طريق ثقب، تتوزع الجراثيم البيضية والدهون داخل الحافظة البيضية عكسياً. متطفلات على النيماتودا أو الحيوان المائي المعروف بالدوراي Rotifers أو الطحالب. Order Myzocytiopsidates

١٤- متطفلات في الحيوانات البحرية أو مترممات، الجراثيم السابحة صغيرة – متوسطة إلى كبيرة الحجم (غالباً أكبر من ٦٠ ميكرومتر).......................................١٦

- متطفلات على الطحالب البحرية، الجراثيم السابحة صغيرة جداً (أصغر من ٢٥ ميكرومتر حجماً).........................................................................١٨

١٥- متطفلات في Crustocea أو مترممات، الميلسيوم كاذب أو مرجاني، السيتوبلازم محبب، الجراثيم البيضية متعددة الجدر وخلية البيضة محببة، القطرات الزيتية مختلفة الكثافة. Order Salitagenidales

- متطفلات على Ascheliminthes ........................................١٧

١٦- الثالوس يصبح مقسماً، قطع الثالوس ذات إسبورانجيات لكل منها رقبة إخراجية أو جاميطات. Order Myzocytiopsidales

- الثالوس لا يصبح مقسماً، للثالوس كيس إسبورانجي واحد ذو عدة رقبات إخراجية. Family Ectrogelloceae

١٧- الجراثيم السابحة ثنائية الأسواط، الإنغماد السوطي غير محدد.

- الجراثيم السابحة أحادية السوط، الإنغماد السوطي جيد التحديد، متطفلات على الطحالب البنية. Order Anisolpidiales

## ٣-١-٢ رتبة السابروليجينات

## Order Saprolegniales

تضم الرتبة اثنان وثلاثون جنساً، تحوي ١٧٠ نوعاً، تضمهم جميعاً فصيلة واحدة هي الفصيلة السابرولجنية Family Saprolegniaceae، واسعة الانتشار في جميع أنحاء العالم. وهي من أكثر الفطريات التي نالت الكثير من الاهتمام، ويمكن للدارس أن يلتقي بممثلي هذه الرتبة في مجاري المياه العذبة والبحار وذلك كمترممات على أجساد الحيوانات النافقة أو غيرها من المادة العضوية، أو متطفلات على الطحالب وبعض الفطريات البيضية المائية والأسماك صغيرة العمر والأسماك الضعيفة وبيض الأسماك والضفادع وغيرها. بعضها يغتذي في التربة الرطبة.

عُرفت منذ أكثر من ٢٠٠ سنة، ذلك لأنه يمكن رؤية بعضها بالعين المجردة، كما عرف الكثير من مضارها على المزارع السمكية من زمن بعيد.

كتب لأول مرة عن السابرولجنيات الميلسيومية في منتصف القرن الثامن عشر، وكتب عن غالبية أفراد هذه الرتبة في خلال المائة وعشرين عاماً الماضية.

فطريات هذه الرتبة تتميز بوجود جدار سليولوزي، الجراثيم السابحة ثنائية الأسواط المتباينة هي الطريق الأساسي للتكاثر اللاجنسي. ولبعضها يوجود طورين للجراثيم السابحة، يعقب أحدهما الآخر. وتعرف هذه الظاهرة diplanetism وتلازم التباين الشكلي dimorphism ذلك، لأن الجراثيم السابحة بكلا الشكلين متباينة. يحدث التكاثر الجنسي بتكوين الجراثيم البيضَية. تختلف الأنثريدات شكلياً عن الحوافظ البيضية، وتحوي الأخيرة خلية البيضية، قد لا تتمايز هذه الخلية داخل الحافظة، حيث تندمج مكونات الحافظة مع بعضها مع وضوح نواة البيضة.

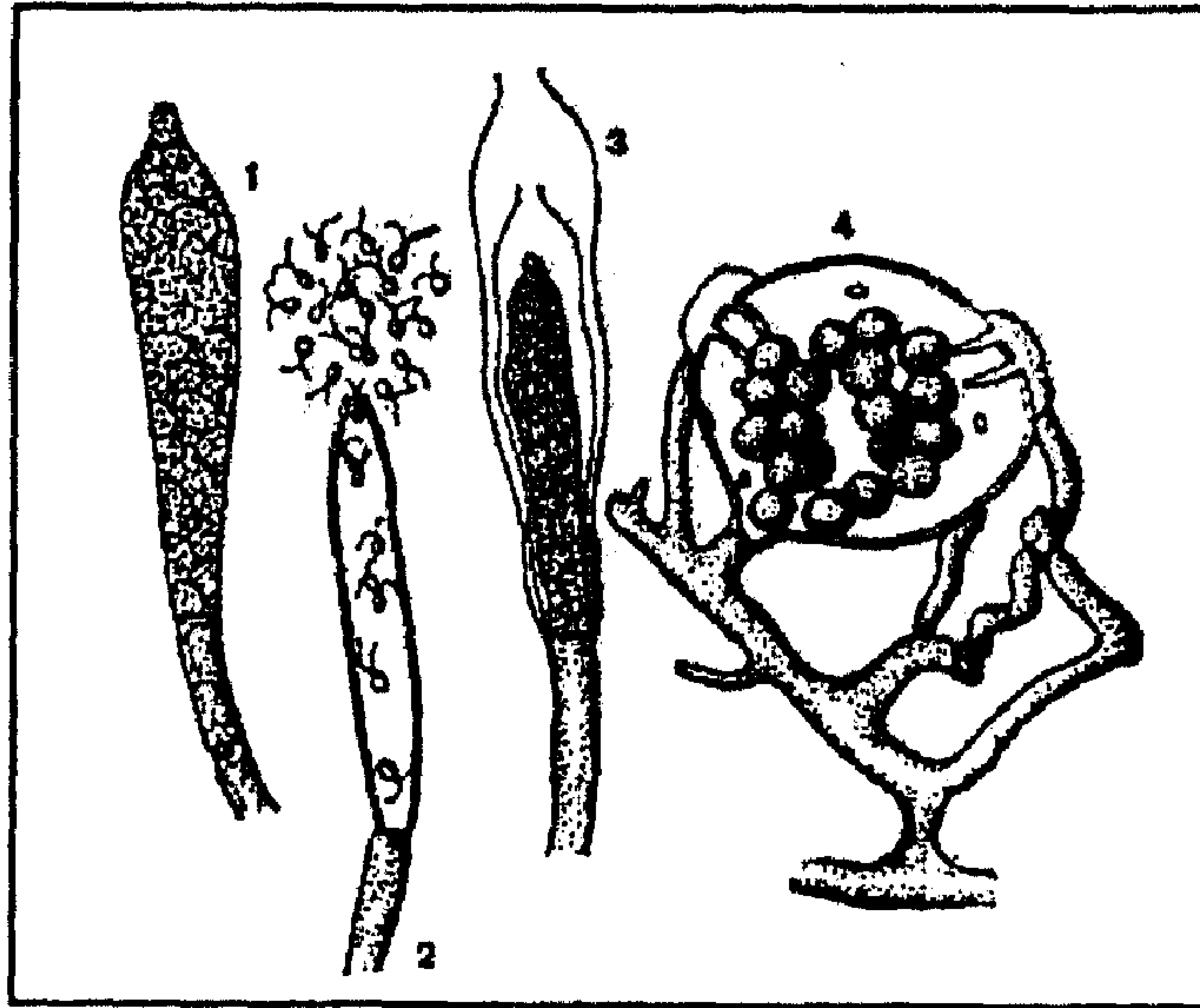
وصلت أجناس هذه الرتبة إلى درجة عالية من تطور الثالوس، وهذا يظهر واضحاً في أجناس *Saprolegnia, Achlya, Aphanomyces* وغيرهم. ميسليوم هذه الفطريات جيد التكوين، وتنغمس فروعه في الطبقة الغذائية، وهذه رقيقة جيدة التفرع (أشباه جذور) أما ميسليوم الفطر فهو أكثر سمكاً، قليل التفرع ينمو بعيداً عن المادة الغذائية.

وإذا ما ألقي في مياه البرك ذباب ميت أو يرقة نمل أو بعض بذور القنب، يلاحظ أنه خلال ٥-٦ أيام على سطح هذه المادة الغذائية يظهر نمو ميسليومي مزغب يصل إلى واحد سنتيمتر طولاً، هذا الزغب هو ثالوس الفطر سميك الهيفات، وسرعان ما يصبح سيتوبلازم أطراف الهيفات أكثر كثافة، ويزداد دكانه. ينفصل هذا الجزء عن بقية الخيط بجدار عرضي، ثم يتحول إلى كيس إسبورانجي، تظهر فيه حبيبات واضحة تتحول إلى جراثيم سابحة (انظر شكل ٣-١-٢).

يمكن الإسراع بخروج الجراثيم السابحة، وذلك بأخذ الميسليوم ونقله إلى ماء نقي،

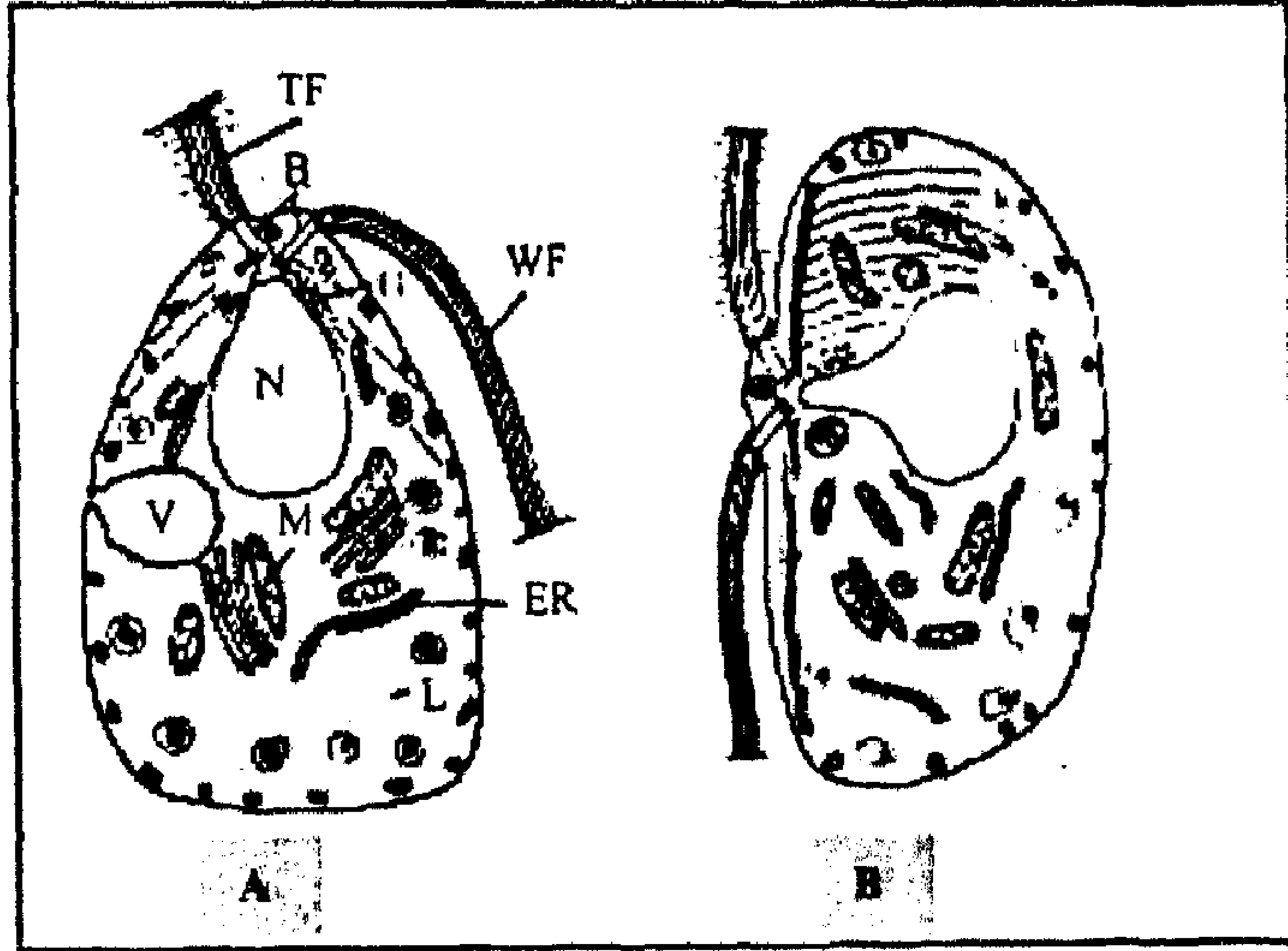
فتتكون في قمة الكيس بويب، وعن طريقه تنطلق الجراثيم السابحة.

يختلف مسلك الجراثيم السابحة باختلاف الجنس. ففي الجنس *Saprolegnia* تكون الجراثيم السابحة كمثرية الشكل ذات سوطين طرفيين. تسبح قرابة النصف ساعة ثم تتوقف. تحيط نفسها بجدار، ثم تسكن لفترة. ومن الجدار تنبثق جرثومة سابحة كلوية الشكل ذات سوطين يظهران من الجنب (شكل رقم ٣-١-٣) تسبح هذه الجرثومة لفترة أطول، تنجذب إلى المادة الغذائية المناسبة، فتسكن وتحيط نفسها بجدار ثم تنبت مكونة ميلسيوم الذي يخترق المادة الغذائية، يتزايد النمو، فتعطي ميلسيوم كثيف، ويعيد تكوين أكياساً إسبورانجية جديدة في أطراف الهيفات، وبعدها يفرغ الكيس من محتوياته، يتكون بداخله كيس آخر، وقد تتكرر هذه العملية عدة مرات (شكل رقم ٣-١-٢).




شكل رقم (٣-١-٢): الجنس *Saprolegnia*

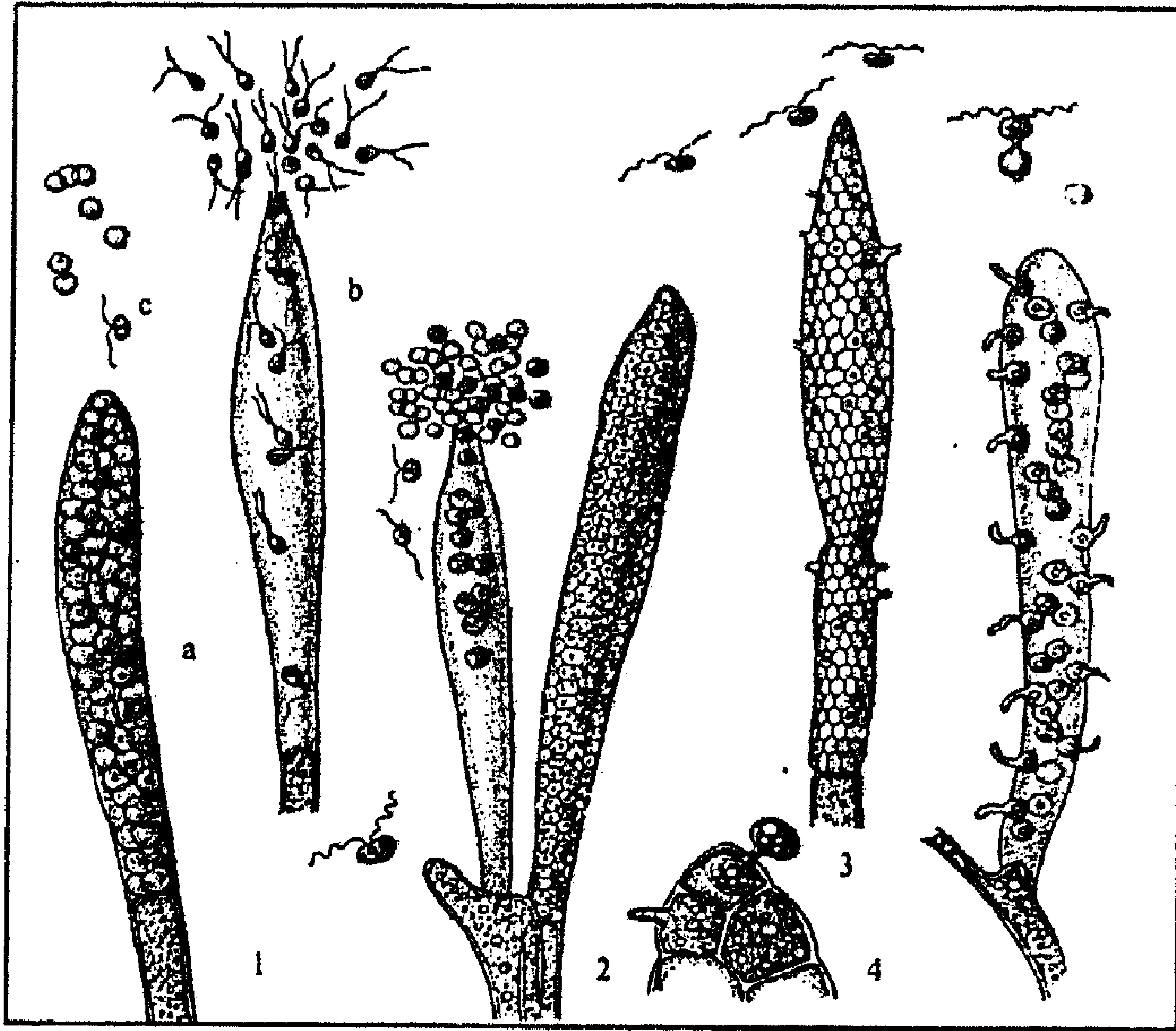
١) كيس إسبورانجي
٢) خروج الجراثيم السابحة.
٣) الإثمار المتتالي داخل الكيس.
٤) الحافظة البيضية (داخلها البويضات) محاطة بالإنثريدات والأنثريد الواحد ثنائي الوتد.




شكل رقم (٣-١-٣):

مخطط يوضح شكل الجراثيم السابحة الأولية (A)، والثانوية (B). في الجنس Sprolegnia ويظهر السوط البهرجاني الطراز (TF) والكرباجي الطراز (WF) تخرجان من قمة الجرثومة، وتظهر النواة (N) والجسم المحرك (B) والميتوكوندريا (M)، الشبكة البلازمية الداخلية (ER)، قطرات الزيت (L)، جهاز جولوجي(G)، والفجوة الطاردة للماء (V).

الجنس *Achlya* والذي عادة ما ينمو مع الجنس *Saprolegnia*، يتقلص طور الجراثيم السابحة الكمثرية الشكل. فبجرد خروج الجراثيم من أكياسها، فسرعان ما تحيط نفسها بجدار، وهذه تخرج منها الجراثيم الكلوية الشكل ذات السوطين الجانبيين. تتكون الأكياس الإسبورانجية الجديدة جانبياً من قاعدة الكيس الفارغ، وبذلك تزيح جدار الكيس الفارغ جانباً لتعطي تركيب كاذب المحور Sympodialic. (شكل رقم ٣-١-٤).




شكل رقم (٣-١-٤): الأكياس الإسبورانجية في السابرولجنيات

١) الجنس *Saprolegnia*: A كيس اسبورانجي، B جراثيم سابحة أولية، C جراثيم ثانوية.

٢) الجنس *Achlya*

٣) الجنس *Dictyuchus*

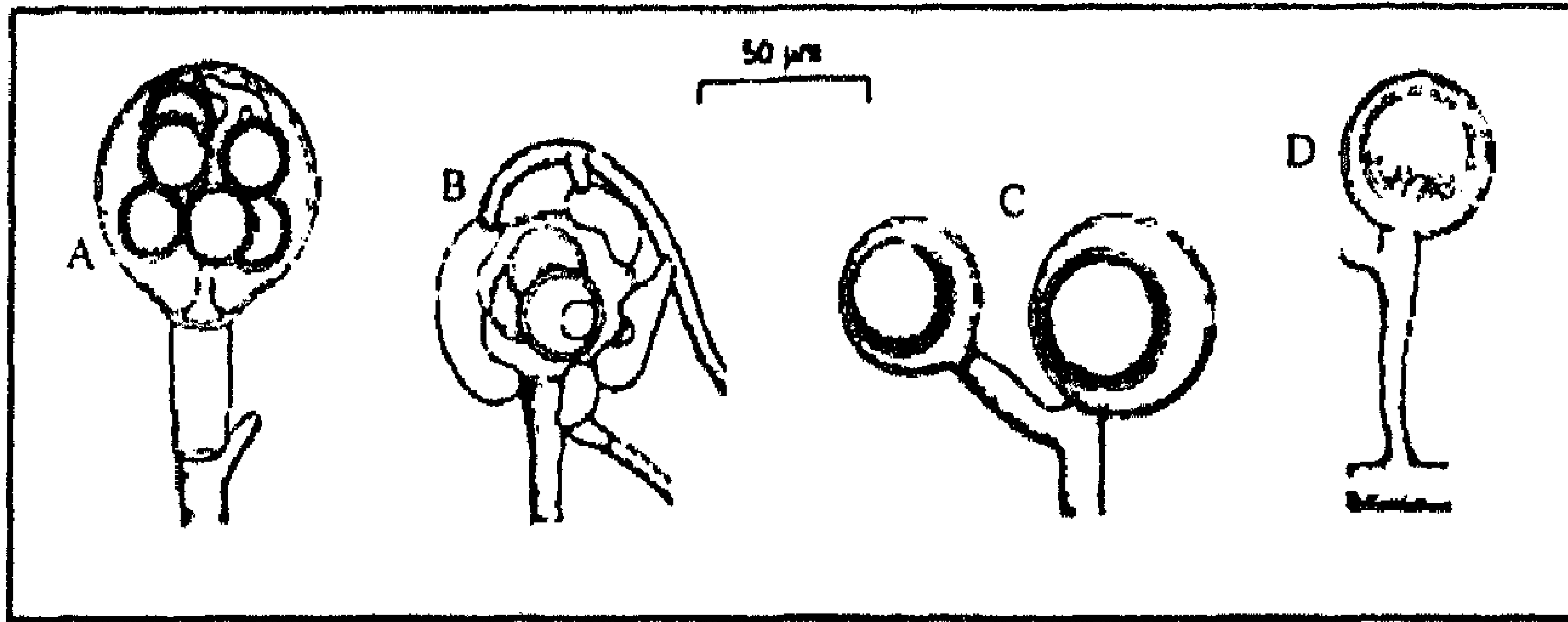
٤) الجنس *Aplanes*

الجنس *Dictyuchus* تحيط الجراثيم السابحة نفسها بجدار وهي لا زالت داخل الكيس الإسبورانجي، وتخرج من كل حوصلة جرثومة سابحة كلوية الشكل ذات سوطين. تخرج كل منها منفردة من ثقب يتكون في جدار الكيس، وبذلك يبدو الكيس (الإسبورانجي) بعد خروج الجراثيم مثقباً. ويتبقى بداخل الكيس أغلفة الجراثيم، ويأخذ الكيس الإسبورانجي المظهر الشبكي (شكل رقم ٣-١-٤).

وفي ظروف خاصة، فإن الجراثيم السابحة لأجناس *Achlya, Saprolegnia, Dictyuchus* لا تستطيع الخروج من الكيس الإسبورانجي، وتنبت مباشرة داخله، وتعتبر الصفة الأخيرة هي أهم صفات الجنس *Aplanes* وعلى المستوى التطوري فإن أجناس *Geolegnia, Brevilegnia* والتي تعيش مستوطنة التربة لا تعطي أي نوع من الجراثيم السابحة.

يظهر على ميسليوم الفطر، وعلى الناحية القريبة من المادة الغذائية عضوي التذكير والتأنيث. تتكون الحافظة البيضية على قمة فرع جانبي قصير، والذي ينفصل عنه بجدار عرضي. يتشكل داخل الحافظة البيضية عدة خلايا بيضية مستديرة. يعتبر عضو التذكير نهاية خلية، وهو خيط أنثريدي دقيق. ينجذب الخيط الأنثريدي إلى غلاف الحافظة البيضية، حيث يتواجد على جدار الحافظة البيضية أماكن مستدقة، تعتبر الثقوب التي ينفذ منها الخيط الأنثريدي إلى داخل الحافظة البيضية. ويمكن لخيط أنثريدي واحد أن يخصب عدة خلايا بيضية حيث يصب في كل منها جزءاً من مكوناته بالإضافة لنواة واحدة (انظر شكل رقم ٣-١-٣).

بعض الأنواع متوافقة الثالوس homothallic، حيث يتكون على نفس الثالوس عضوي التأنيث والتذكير، كما توجد أنواع غير متوافقة الثالوس heterothallic في بعض أنواع أجناس *Aphanolmyces* و *Dictyuchus* و *Leptopegnia* و *Brevilegnia* و *Geolegnia* حيث يتكون داخل الجاميطة البيضية خلية بيضة واحدة وقطرات زيتية تتوزع داخل الجاميطة بعدة نظم هي المركزية centric و eccentric و subcentric و subeccentric والتي تعتبر من الخصائص الهامة في تقسيم الرتبة (شكل رقم ٣-١-٥).




شكل رقم (٣-١-٥):

نظم توزيع القطرات الزيتية داخل خلية البيضة في السابرولجنيات.

A) النمط centric في النوع *Saprolegnia hypogyna*.

B) النمط eccentric في النوع *S. anisospora*

B) النمط subcentric في النوع *S. unispora*

B) النمط subeccentric في النوع *S. eccentrica*

في جميع الحالات تحيط البيضة المخصبة نفسها بجدار سميك، ولا تنبت إلا بعد فترة كمون.

تثير كائنات هذه الرتبة الكثير من الاهتمام، ولقد كانت هذه الفطريات مادة هامة لتجارب عدة في مختلف المعامل، حيث درس عليها العوامل التي تؤدي إلى نمو خضري فقط، أو إعطاء أكياس إسبورانجية أو دفعها للتكاثر الجنسي. وقد أكدت الدراسات أن عملية التكاثر الجنسي للفطر تحدث تحت تحكم عدة آليات هرمونية حيث يؤدي إطلاق كل هرمون إلى إتمام خطوة واحدة في مسار التكاثر الجنسي.

في المجاري المائية، حيث المياه ضعيفة التدفق، وفي ظروف نقص الهواء، فإن بيض الأسماك وكذا الأسماك صغيرة العمر والضعيفة تصبح عرضه للإصابة بالسابرولجنيات. وتعتبر أخطر المراحل ذات الأثر الاقتصادي هي أثناء حفظ ونقل الأسماك وكذا فترة حضانة

البيض. وتعتبر الأنواع *Saprolegnia parasitica , S.mixta, S.ferax* من أكثر الأنواع ضرراً على الأسماك (انظر شكل ١-٢). أما الأنواع *S.monoica, Achlya flagellatae, S.diclina, A.prolifera, A.radiosa, A.oblengata, Dictyuchus monosporus* أقل خطورة.

ولهواة تربية الأسماك ولمكافحة الإصابة بهذه الكائنات ينصح بالتهوية الجيدة للأحواض ونظافة المياه. كما يمكن معالجة الأسماك المصابة في الأحواض وذلك بغمر مادة برمنجات البوتاسيوم (١ جم/١٠٠ لتر ماء) لمدة ١٠-١٥ دقيقة. حفظ الأسماك المصابة لمدة يومين في محلول أزرق المثيلين (٣ مل محلول ١٪ أزرق المثيلين / ١٠ لتر ماء)، كما يمكن حفظ البيض لمدة ١٥ دقيقة في محلول الفورمالين بتركيز ١ : ٥٠٠ أو ١ : ١٠٠٠ (٤٠٪ فورمالين) أو لمدة ساعة واحدة في محلول كبريتات النحاس بتركيز ١ : ٤٠٠٠٠٠ أو لمدة ١٥ دقيقة في محلول برمنجات البوتاسيوم بتركيز ١ : ١٠٠٠٠٠ .

يعتبر الجنس *Aphanomyces* من البيضيات ذات الأهمية الاقتصادية على بعض النباتات الراقية. يصيب النوع *A.euteiches* جذور نباتات العائلة البقولية مثل البازلاء، الحمص، البرسيم، البرسيم الحجازي، كما قد يصيب جذور الطماطم. ويصيب النوع *A.cochliodes* البنجر ويسبب مرض الذبول الطري وعفن القمة. ويصيب النوع *A.raphani* الفجل ويسبب مرض الجذر الاسود. وهو يصيب النباتات في ظروف رطوبة أرضية ٨٠٪ ونطاق حراري ٢٠-٢٥ درجة مئوية.

وبفحص جذور البازلاء المصابة، تظهر بوضوح الجراثيم البيضية ذات الجدار الغليظ. تنبت مكونة من ١-٣ أنابيب إنبات أو يتكون خيط هيفي مفرد يعمل ككيس جرثومي يعطي ١٢ جرثومة ثنائية الأسواط.



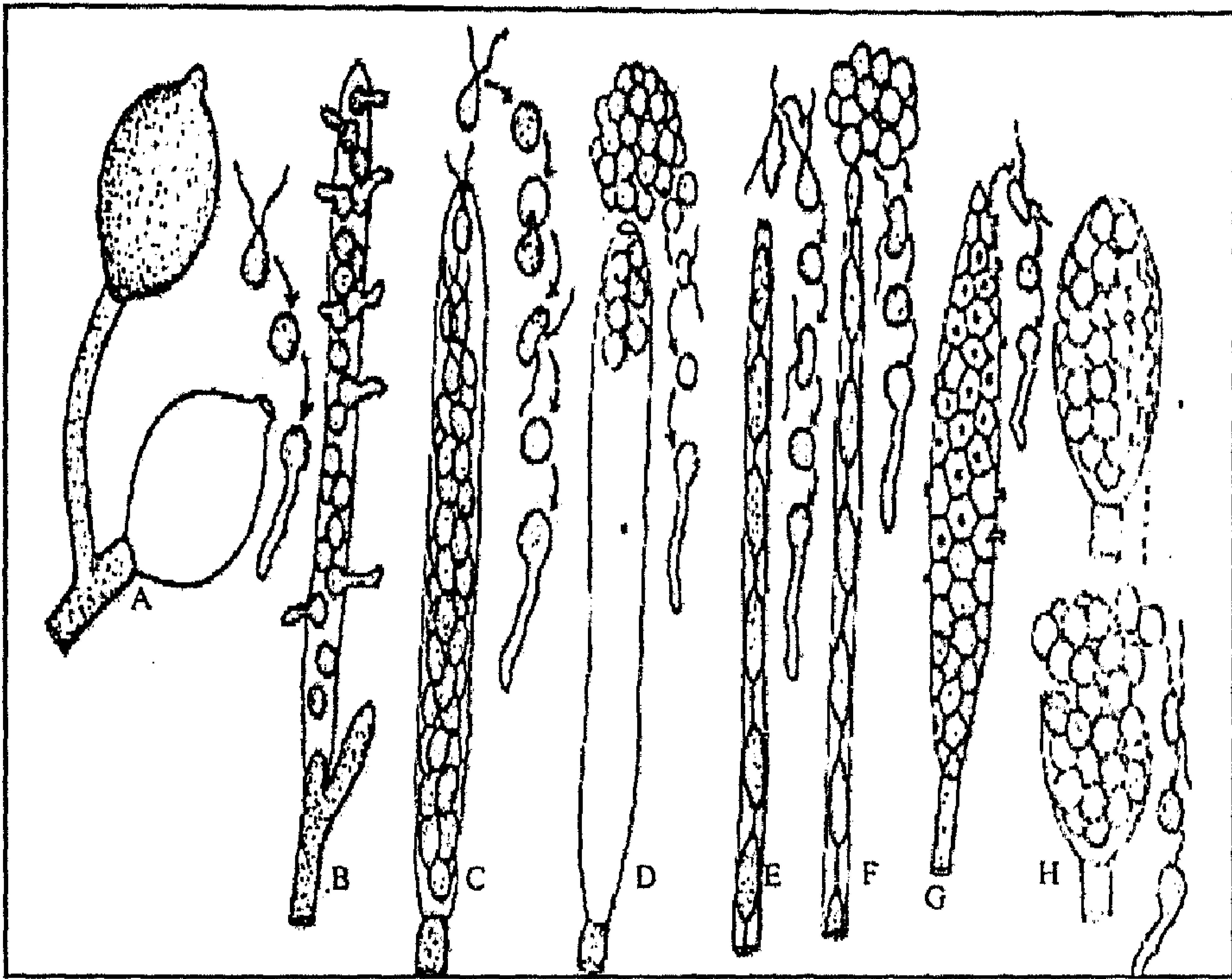
وقد أمكن في المزارع الاصطناعية رؤية وسيلة التكاثر الجنسي إلا أنه لم يمكن مشاهدته في الطبيعة والفطر ثنائي التشكل يكون نمطان من الجراثيم السابحة (شكل رقم ٣-١-٦).



شكل رقم (٣-١-٦): الجنس *Aphanomyces*

بالإضافة للأجناس السابق ذكرها، تضم الفصيلة الأجناس *Aplanes*, *Aplanopsis*, *Archiegnia*, *Calyptrolegnia*, *Cladolegnia*, *Couchia*, *Dictyuchus*, *Hydatinophagus*, *Isoachlya*, *Jaraia*, *Leptolegnia*, *Plectospira*, *Thraustotheca*, *Scoliolegnia*.

ويوضح (شكل رقم ٣-١-٧) الحوامل الأسبورانجية وتكوين الجراثيم في بعض أجناس السابروليجنيالات.




شكل رقم (٣-١-٧) :

الحوامل الإسبورانجية والجراثيم في بعض أجناس السابرولجنيات.

A) الجنس *Pythiopsis*، للفطر مرحلة أولى سابحة، ثم تتحصول الجرثومة السابحة ثم تنبت.

B) الجنس *Aplanes* حيث لا يوجد طور سابح، تنبت الجراثيم مباشرة داخل الكيس الإسبورانجي.

C) الجنس *Saprolegnia*، تخرج الجراثيم السابحة من فتحة الكيس، ثنائية الفترات السابحة.

D) الجنس *Achlya*، تشبه السابرولجينا، فيما عدا أنه لا يوجد جراثيم أولية بل تنشأ الجراثيم الثانوية مباشرة.

E) الجنس *Leptolegnia*، ذو كيس إسبورانجي خيطي والجراثيم ثنائية الفترات السابحة.

F) الجنس *Aphanomyces*، حيث الكيس الإسبورانجي خيطي إلا أن الجراثيم تشبه الجنس Achlya.

G) الجنس *Dictyuchus*، شبكة من الجراثيم التي تخرج كل منها من خلال ثقب.

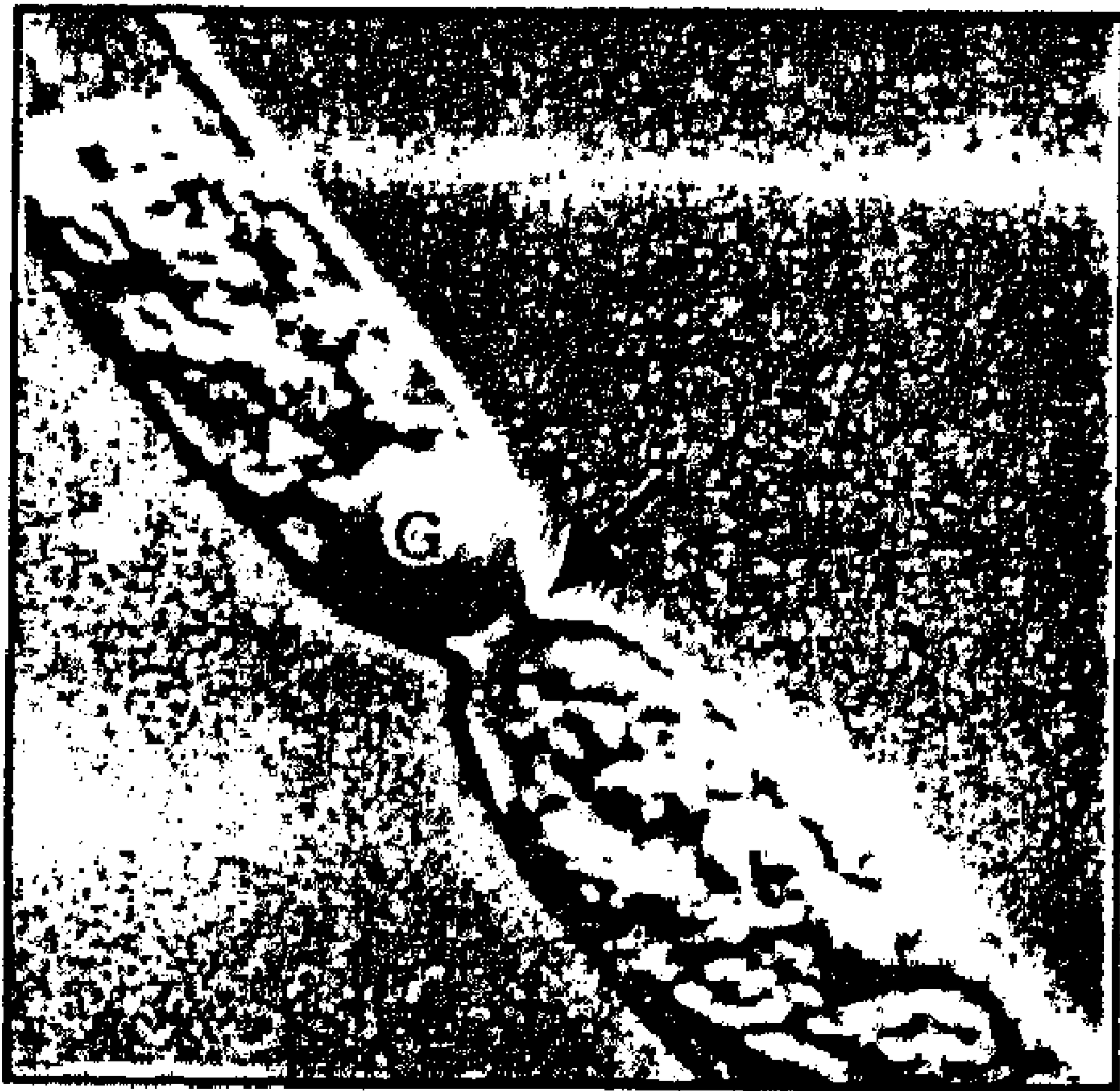
H) الجنس *Thraustotheca*، حيث يتكسر الكيس الإسبورانجي لتنطلق منه الجراثيم الثانوية مباشرة.

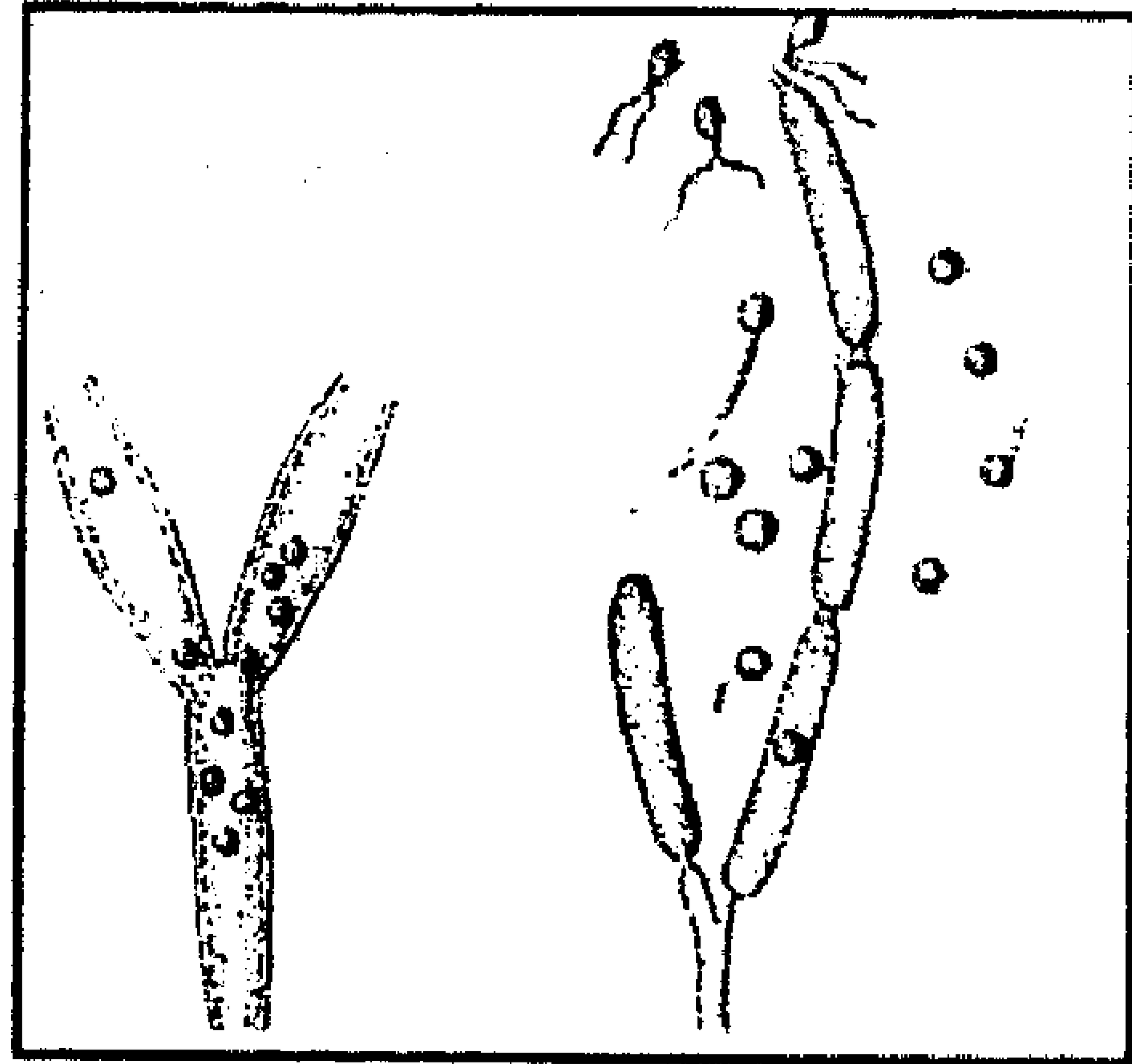
## ٣-١-٣ رتبتي الليبتوميتات والريبيديالات
## Orders Leptometales and Rhipidiales

تحوي رتبة الليبتوميتات إثنى عشر جنساً، تضم إحدى وعشرين نوعاً من الترمسات المائية. وأفراد هذه الرتبة عموماً تشبه السابروليجينات.

توجد بعض الأنواع نامية على الأجزاء النباتية المغمورة في الماء النقي غير الملوث، إلا أن أفراد الجنس *Leptomitus* (شكل رقم ٣-١-٨) تستوطن عادة الماء الملوث، مثل تلك المياه التي توجد بالقرب من مصارف الصرف الصحي، كما وجد الجنس *Aqualinderella* في المياه الراكدة التي يغيب فيها الأكسجين تماماً.

الثالوس غير مقسم، ذو إنقباضات متعاقبة (متتالية)، وقد تنسد هذه الانقباضات تماماً بحبيبات من مادة السليولين، مما يعطي مظهراً لهيفا مقسمة، وتعد هذه هي الصفة الأهم التي تميز هذه الرتبة عما عداها من رتب البيضيات. كما ثبت وجود الشيتين في جدر بعض الأجناس وهي *Apodachlya* و *Leptomitus* (شكل رقم ٣-١-٨).



شكل رقم (٣-١-٨):

النوع *Apodachlya complet* إلى اليسار حيث يظهر الاحتقان واضحاً داخل الهيفا، كما تظهر حبيبات مادة السليولين (G) في منطقة الانقباض. وإلى اليمين مخطط يوضح شكل الجنس *Leptomitus* والجراثيم السابحة وكيفية خروجها من الأكياس الإسبورانجية وذلك عن طريق ثقب جانبي.

يستطيع بعض أفراد هذه الرتبة اختزال الكبريتات وتمثيل الكبريت المعدني، كما يستطيع بعض الأفراد تمثيل النترات، إلا أنها لا تستطيع تمثيل الأمونيا.

يحدث التكاثر اللاجنسي عن طريق تكوين أكياس إسبورنجية طرفية، وهذه تعطي جراثيم سابحة ثنائية الأسواط. بعض الأنواع ثنائية الفترات السابحة والآخرى وحيدة الفترة السابحة، والأكياس قد تكون متطاولة وذات قطر يماثل قطر الهيفا. وغالبية الأنواع تعطي أكياساً إسبورانجية كمثرية الشكل.

يحدث التكاثر الجنسي نموذجياً عن طريق تلامس الجاميطات، إلا أنه لم يلاحظ التكاثر الجنسي في الجنس *Leptomitus*. تضم الرتبة أربعة فصائل هي Leptomitaceae, Apodachlyellaceae, Ducellieriaceae, Leptolegniellaceae. وفيما يلي مفتاح مبسط لهذه الفصائل.

## مفتاح مبسط لفصائل رتبة الليبتوميتات

١- الثالوس ينمو برعمياً blastic (نادراً كروياً olpidoid).

يتركب الثالوس من قطع متجاورة متصلة عن طريق انقباضات، يتكون شبه جذر ضعيف في بعض الأنواع، الجاميطات المذكرة والمؤنثة تختلف عن بعضها شكلياً، تنشأ الجاميطات طرفياً أو بينياً، الميسليوم قد يتجزأ عن طريق سدادات تتكون في أماكن الإنقباضات، الحالات الكريه نادراً غير متوافقة الثالوس.

Family Leptomitaceae and Apodachlyellaceae............................٢

- الثالوس أنبوبي الشكل ذو هيفات منتفخة أو مرجاني الشكل (نادراً بدون انقباضات).
- يصعب تمييز الجاميطيات.

Family Ducellieriaceae and Leptolegniellaceae............................٣

٢- يصعب تمييز الأغشية البين بويضية، يحدث الإخصاب عن طريق أنبوبة إخصاب قصيرة، الجاميطة البيضية ذات خلية بيضية مركزية (نادراً ما تكون الحافظة البيضية متعددة البويضات) نادراً بدون طور جنسي، حوافظ الجراثيم السابحة ذات إنغماد قصير، تتواجد الأنواع على النباتات على حواف البحيرات.

Family Leptomitaceae

- يسهل تمييز الأغشية البين بويضية، يحدث الإخصاب عن طريق هيفا إخصاب، الجراثيم البيضية من النمط aplerotic تتطفل أفرادها على الحيوانات الأولية المائية.

Family Apodachyellaceae

٣- متوافقة الثالوس، غالباً يخصب ذاتياً automictic، المنطقة الجاميطية صغيرة غير متمايزة، عادة بدون حاجز يفصلها عن الهيفا، بين خلوية - أو كنتوء جانبي نادراً متمايزة وطرفية (الجنس *Aphanodictyon*)، متعددة البويضات، طبقات جدر الجرثومة البيضية تنفصل عن بعضها بمنطقة مائعة، تتباين طرق تولد الجراثيم السابحة، الحافظة البيضية عديدة البويضات، الجراثيم البيضية غير مركزية، مترممات كيراتينية أو متطفلات على النيماتودا Nematophugus.

Family Leptogniellaceae

- متباينة الثالوس (؟) تنبثق الجراثيم السابحة بتكون حوصلة كروية شفافة. الحافظة البيضية وحيدة البويضة - مركزية التكوين (؟). مترممات على حبوب اللقاح الطافية في البحيرات.

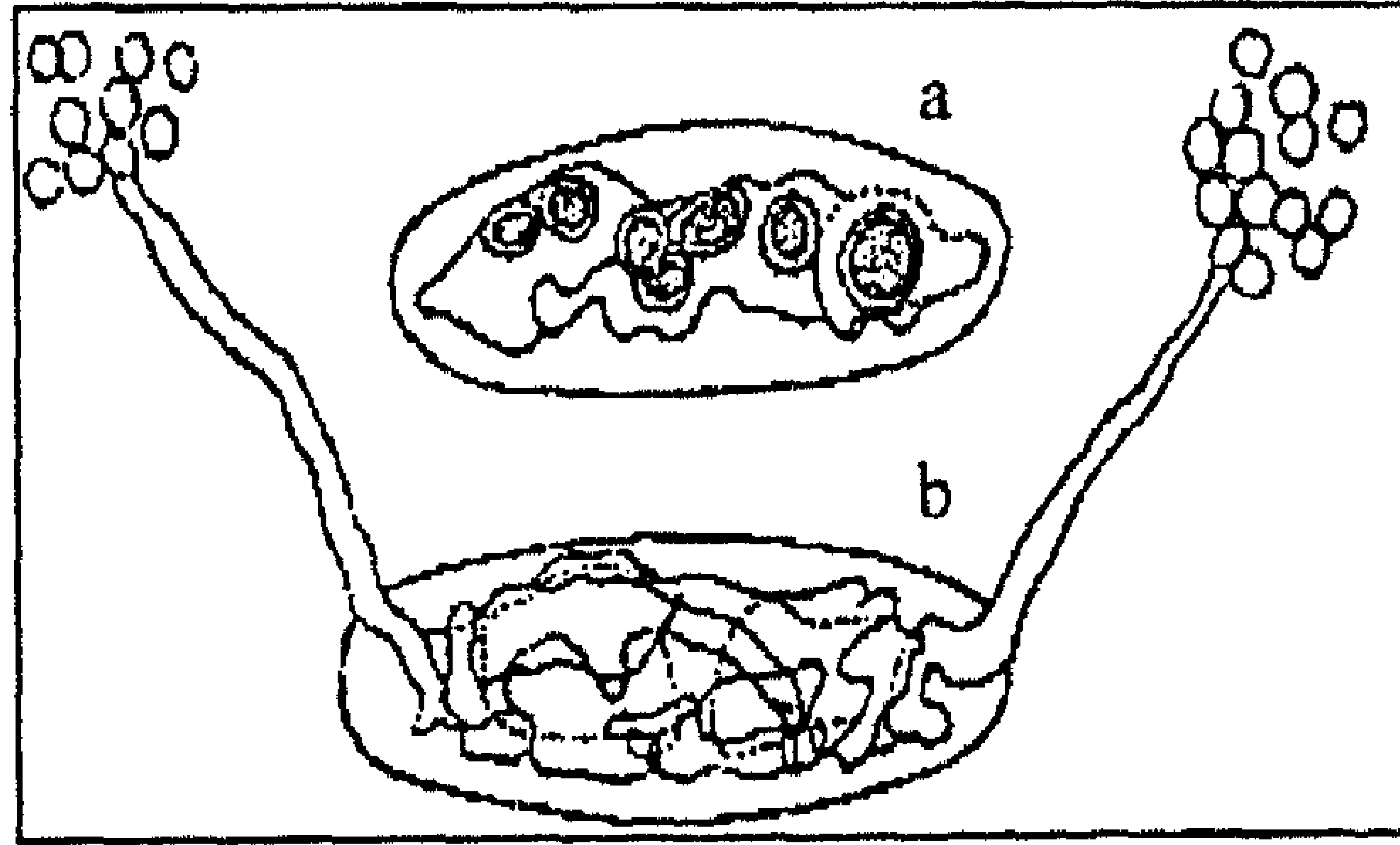
Family Ducellieriaceae

ينتمي للفصيلة Apodachyellaceae أجناس *Apodachlyella*, *Eurychasmopsis*، وإلى الفصيلة Ducellieriaceae الجنس *Ducellieria* وإلى الفصيلة Leptolegniellaceae الأجناس *Aphanodictyon*, *Aphanomycopsis*, *Brevilegniella*, *Leptolegniella*, *Nematophthora* و (شكل رقم ٣-١-٩)، وإلى

الفصيلة Leptomitaceae أجناس *Apodachlya, Apodya, Leptomitus*.

وضعت رتبة الربيديالات Order Rhipidiales لفترة طويلة كفصيلة في رتبة اللبيوميتات، إلا أنه رؤى فصلها في رتبة مستقلة لبعض الصفات الخاصة التي تتميز بها.

تعطي أفراد هذه الفصيلة ثالوس منتفخ ومتطاول وحيد المركز ذو أشباه جذور تعمل على تثبيت الثالوس في الطبقة التحتية. تنمو أفرادها في الماء الآسن ذو المستوى الأكسجيني المنخفض.




شكل رقم (٣-١-٩):

النوع *Aphanomycopsis desmidiella*

A) جراثيم ساكنة في ثالوس الطحلب الديزميدي.

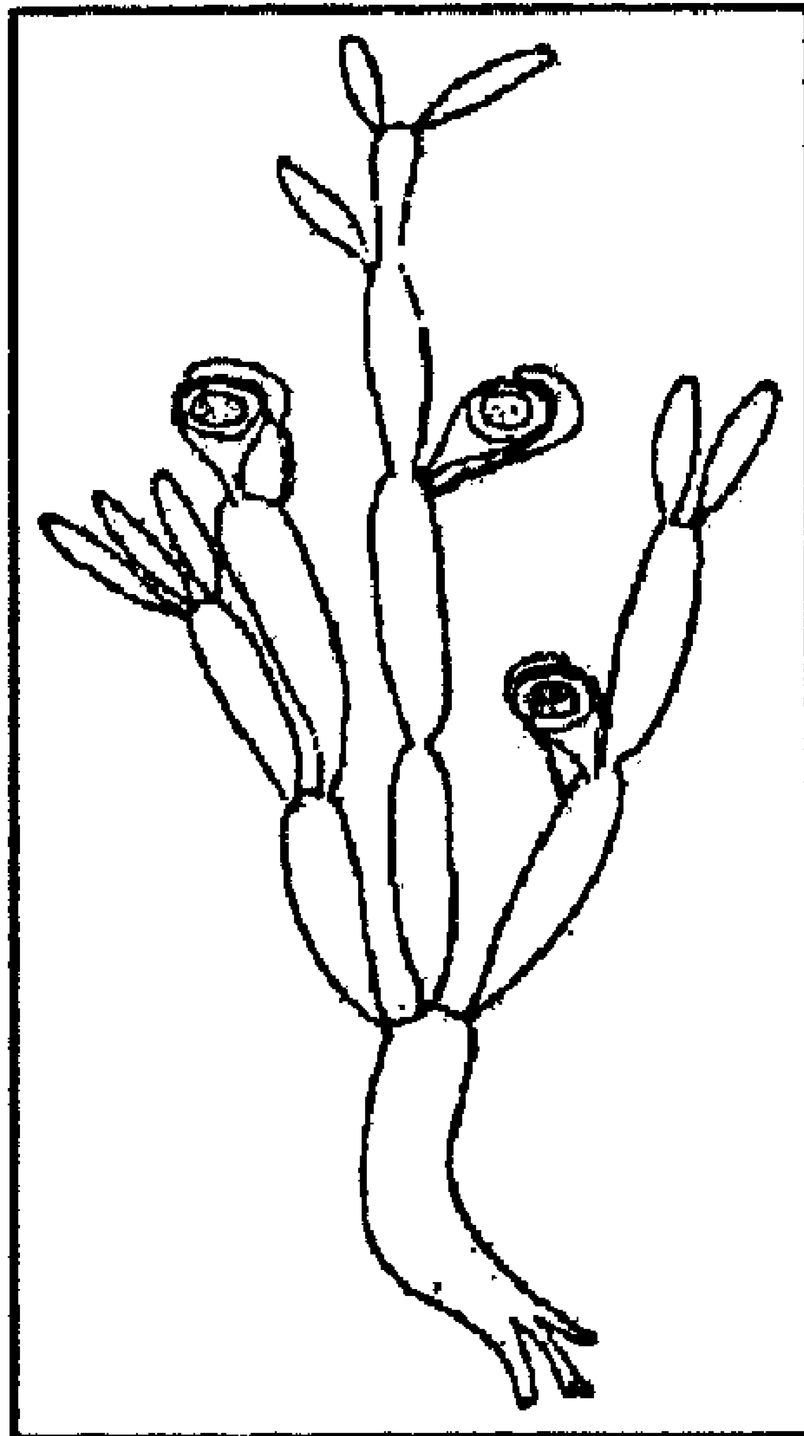
B) بقايا الثالوس وأكياس فارغة وخروج الجراثيم عن طريق قناة.

من أهم أنواعها النوع *Aqualinderella fermentans* وهو فطر لا هوائي اختياري، إجباري التخمر، وهذا يعني أنه يتحمل وجود الأكسجين، إلا أنه ليست له المقدرة على استخدام الأكسجين في الأكسدة الطرفية terminal oxidation وقد ثبت أن عزلات هذا الفطر التي جمعت من كوستاريكا يمكن أن تنمو على الأوساط المعدنية منتجة حمض اللاكتيك الذي يجب الإسراع بإزالته من الوسط، حفاظاً على استمرار النمو. الفطر يتكاثر لا

جنسياً عن طريق إنتاج أكياس إسبورانجية كمثرية الشكل إلى متطاولة طرفياً. في بعض الحالات تنبثق الجراثيم السابحة عن طريق حلمة طرفية papillae، وقد تنطلق الجراثيم السابحة في فقاعة تنشأ من الكيس الإسبورانجي.

تتكاثر جنسياً عن طريق جراثيم بيضية ذات خلية بيضة مفردة محاطة ببلازم محيطي ثابت. ويعطي الجنس *Aqualinderella* جراثيم البيضية بكرياً وقد تتكون بالحافظة البيضية عدة خلايا بيضية.

تضم الرتبة فصيلة واحدة هي Fam. Rhipidaiceae ومن أهم أجناسها *Mindeniella*, *Sapromyces*, *Araiospora*, *Nellymyces*, (شكل رقم ٣-١-١٠).



شكل رقم (٣-١-١٠):
منظر عام لميسليوم الفطر *Sapromyces andragynus*، حيث تتضح الحوافظ البيضية ذات خلية بيضة واحدة ويبرز من أسفلها الخيط الإنثريدي.

## ٣-١-٤ رتبة الميزوسيتيوبسديالات

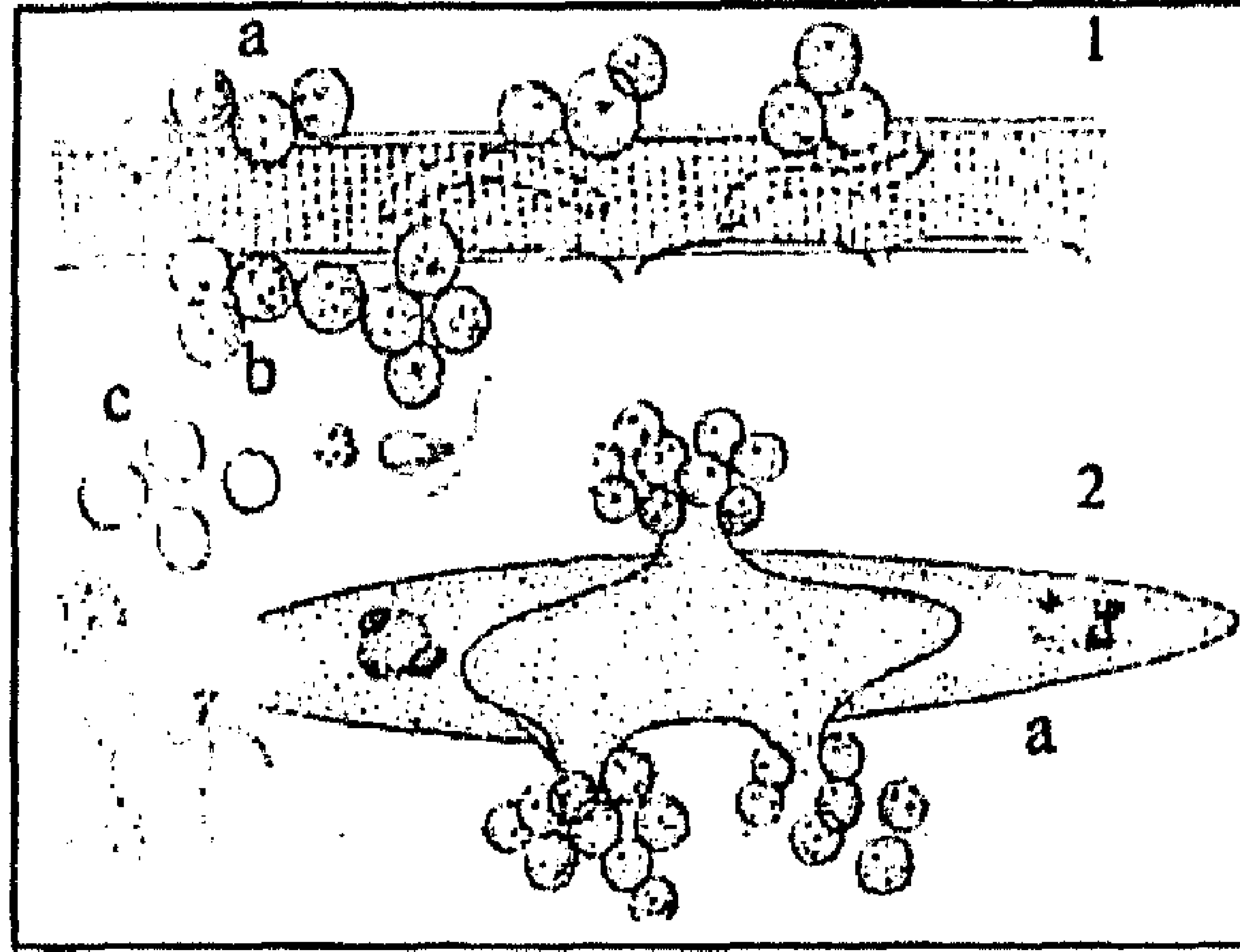
## Order Myzocytiopsidales

تضم أكثر الأنواع بدائية في البيضيات، أنواعها تتطفل في الماء العذب أو البحار على الديزميدات والدياتومات والطحالب البنية -والطحالب الحمراء- وكذا على الفطريات البيضية المائية.

تقسم الرتبة إلى ستة فصائل هي Ectrogellaceae, Crypticolaceae, Eurychasmaceae, Myzocytiopsidaceae, Pentismaceae, Sirolpidiaceae.

تحدث إصابة العائل بواسطة الجراثيم السابحة ثنائية الأسواط، تسقط الجرثومة على العائل، تتغطى بجدار بعد فقد الأسواط، ثم تنساب مكوناتها إلى داخل خلية العائل، تتحول داخل الخلية إلى ثالوس ذو جدار سليولوزي. باستهلاك مكونات خلية العائل، يتحول الثالوس إلى حافظة جرثومية، تخرج جراثيمها السابحة عن طريق تكوين قناة رقبية إلى الماء، تتحوصل الجرثومة السابحة بأن تحيط نفسها بجدار، تسكن لبعض الوقت ثم تخرج من الحوصلة جرثومة سابحة أخرى. وبينما تكون الجرثومة الأولى ذات سوطين طرفيان، نجد أن الجرثومة السابحة الثانية ذات سوطين جانبيين، وهذه تصيب العائل (شكل رقم ٣-١-١١).

تستطيع أنواع جنس *Edrogella* أن تصيب الدياتومات في الطبيعة، وتحدث إصابة تصل إلى ٧٥٪ من العشيرة الدياتومية. وفي الظروف المعملية أمكن للنوع *E.bocillariacearum* أن يصيب الدياتومات. ومن أهم أنواع هذا الجنس *E.licmophora*. كذلك يهاجم الكائن *Sirolpidium zoophthorum* المحار في المياه البحرية ويسبب له خسائر كبيرة.




شكل رقم (٣-١-١١): الجنس *Ectrogella*

1) النوع *E.bocillariacearum*

a) جزء من الثالوس داخل خلية طحلبية.

b) جراثيم سابحة ثانوية خارجة من الحوصلة (c).

2) النوع E.*licmophora*

a) جزء من الثالوس داخل خلية دياتومية ونشاهد أكياس إسبورانجية وجراثيم سابحة أولية متحوصلة.

وفيما يلي مفتاح مبسط لفصائل هذه الرتبة يتضح فيها أهم صفاتها.

## مفتاح مبسط لفصائل رتبة الميزوسيتيوبسديالات

١- الثالوس قطبي، برعمي، مرجاني، نادر كاذب الميسليوم. تتولد الجراثيم السابحة في أكياس إسبورنجية بينية، أما إذا كانت طرفية، فإنها بدون فقاعة. يصعب التمييز بين الجاميطات، تتولد البويضات محاطة ببلازم خالي من الأنوية السوط البهرجاني ذو شعيرات ثلاثية الأنيبيبيات مرتبة في صف واحد.

Family Cryptocolaceae

- يصبح الثالوس مقسم، القطع الثالوسية يعمل كأكياس إسبورانجية ذات أنبوبة إخراج، أو

قد تعمل كجاميطات.

Family Myzocytiopsidaceae

- الثالوس لا يصبح مقسماً على الإطلاق، حيث يعمل ككيس إسبورانجي ذو أنبوبة إخراج واحدة أو أكثر، تتحول الحوامل الإسبورانجية إلى خلية قاذفة للجراثيم.

Family Ectrogellaceae

- الجراثيم السابحة ثنائية الأسواط، التجويف السوطي غير واضح، نادراً ما تسبب زيادة حجمية لخلية العائل. تتولد الجراثيم السابحة داخل أكياس إسبورانجية ولم يعرف عن الجراثيم السابحة أنها تتحوصل قبل انطلاقها لتكوين كيس إسبورانجي شبكي المظهر.......................................................................٢

- تسبب زيادة ملحوظة في حجم خلية العائل، تتولد الجراثيم السابحة غالباً في أكياس إسبورانجية شبكية (تتحوصل الجراثيم السابحة الأولية داخل الكيس)، لم يعرف تكاثر جنسي، متطفلات في الطحالب الحمراء Rhodophyceae أو الطحالب البنية Phaeophyceae.

Family Eurychasmataceae

٢- متطفلات على الطحالب البنية Phaeophyceae والخضراء Chlortphyceae أو على الفطريات المتطفلة المصاحبة للطحالب..........................................٣

- متطفلات على الطحالب الحمراء Rhodophyceae، الثالوس مفصص وغير مقسم (*Petersenia*) أو أنبوبي ومقسم بصورة أو بأخرى (*Pontisma*).

Family Pontismaceae

٣- الثالوس غالباً مقسم، الأجزاء الثالوسية ليست متماثلة، متطفل على الطحالب الخضراء Chlorophyceae، ذا طور بيضي.

Family Sirolpidaceae

من أهم أجناس الفصيلة الكريبتوكولية الجنس *Crypticola* والفصيلة الإلكتروجلية

الأجناس *Ectrogella* و *Haptoglassa* والفصيلة أيوزيكزميية الجنسين *Eurychasma*, *Eurychasmidium*, والفصيلة الميزوسيتوبسدية الأجناس *Chlamydomyzium, Gonimochaeta, Myzocytiopsis, Protascus, Resticularia, Septopidium, Syzygangia*. وأهم أجناس الفصيلة البنتزمية الأجناس *Petersenia,* *Pontisma* والفصيلة السيروليسيدية الجنس *Sirolpidium*.

## ٣-١-٥ رتبة الأولبيديويسيدياالات

## Order Olpidiopsidales

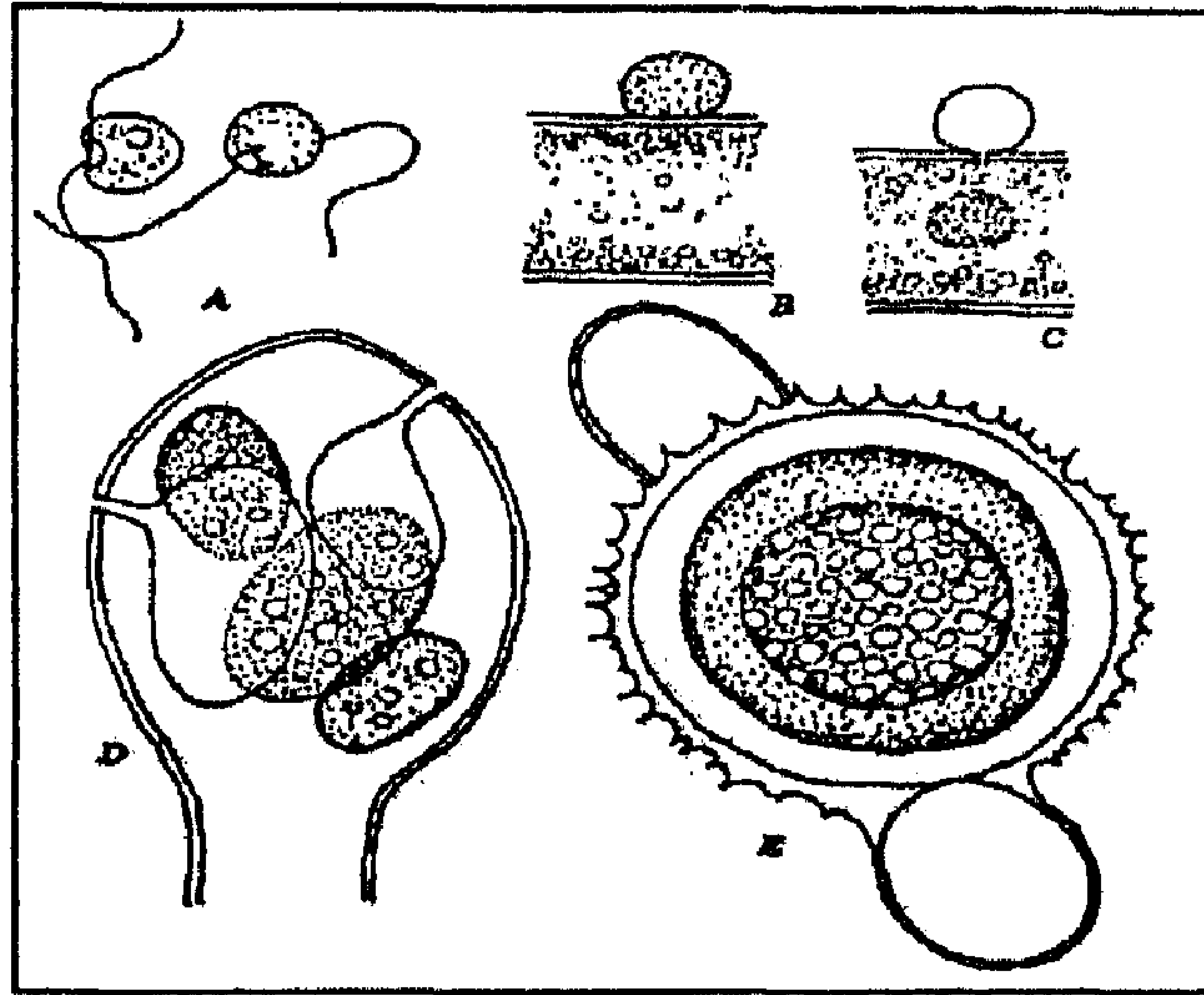
لفترة طويلة، ظلت هذه الرتبة أحد فصائل رتبة اللاجنيدياالات ثم فصلت بعض الأجناس في رتبة مستقلة هي رتبة Olpidiopsidales والتي تضم فصيلة واحدة هي الفصيلة الألبيديويسدية Olpidiopsidaceae والتي تضم عدة أجناس أهمها *Bacilium, Diplophysa, Olpidiopsis, Peronium, Pleocystidium, Pseudolpidiopsis*.

أجناس هذه الرتبة متطفلات على الطحالب الخضراء أو على الفطريات البيضية البرنوسبورية Peronesporomycetes.

من الأجناس وحيدة الخلية الجنس *Olpidiopsis* والنوع *O.saprolegniae* المتطفل على أنواع الجنس سابرولجينا.

تسقط الجرثومة ثنائية السوط على هيفا العائل، تحاط بجدار وتسكب مكوناتها الداخلية من خلال ثقب في الهيفا، إلى داخل العائل، يعمل تيار السيتوبلازم في هيفا العائل إلى دفع البروتوبلاست إلى طرف الهيفا مؤدياً إلى انتفاخ الطرف. يحيط البروتوبلاست نفسه بجدار ويتحول إلى كيس إسبورانجي ذو رقبة أو عدة رقاب، تخترق هيفا العائل للخارج،

حيث تعمل على دفع الجراثيم السابحة للخارج (شكل رقم ٣-١-١٢)، تتكرر هذه الدورة كل ٢-٣ يوم، وفي ظروف التغذية غير المناسبة يحدث التكاثر الجنسي. وفي هذه الحالة يقترب ثالوسان (في داخل هيفا العائل) من بعضهما وعن طريق ثقب في الجدارين يقوم الثالوس الأصغر حجماً بإفراغ محتوياته داخل الثالوس الأكبر حجماً، وتبقى الخلية الفارغة متصلة على سطح الكبيرة. تحيط اللاقحة نفسها بجدار سميك، قد تظهر عليه بعض الترسيبات، تدخل في طور سكون وتنبت بإخراج جراثيم مسوطة من خلال عنق طويل.




شكل رقم (٣-١-١٢): الجنس *Olpidiopsis*

A) الجراثيم ثنائية الأسواط.

B) الجراثيم الساكنة وقد ترسبت على خيط الفطر *Aphanomyces*.

C) هجرة البروتوبلاست لداخل خيط الفطر العائل.

D) انتفاخ طرف الهيفا للفطر العائل مع تكوين عدة أكياس إسبورانجية اثنان منها كونا رقبة لتحرر الجراثيم.

E) الجرثومة البيضية الناضجة للنوع *O.luxurians* ذات أنثريدتين فارغتين ملتصقتين بالجرثومة البيضية.

## ٣-١-٦ رتبة البثيالات

## Order Pythiales

تتوسط هذه الرتبة الأعفان المائية من رتبة السابرلجينات والفطريات البيضية عالية التخصص التطفلي على النباتات الوعائية الراقية من رتبة البرتوسبورات Peronosporals.

بذلك، تعد رتبة البثيالات على جانب كبير من الأهمية لفهم المنحى التطوري في البيضيات. وكيف انتقلت هذه الكائنات من الوسط المائي واتجهت إلى نمط المعيشة الأرضية. لذلك فإنه من المثير دراسة الوظائف الشكلية والعوامل الفسيولوجية والبيئية المؤثرة على هذه الفطريات.

تحوي هذه الرتبة عدة أنواع واسعة الانتشار على الكرة الأرضية، فيمكن أن نجد أفرادها في البحار والماء العذب، وفي أنواع الترب المختلفة وعلى النباتات. وأمكن العثور عليها بدءاً من أيسلندا إلى جنوب أستراليا مروراً بالمناطق الاستوائية والمدارية الحارة في أفريقيا وآسيا وأمريكا.

البثيالات من أكثر الكائنات انتشاراً في التربة، إلا أن دراسة انتشارها الحقيقي في التربة محفوف بالكثير من الصعاب. ذلك لأنها بطيئة النمو على الأوساط الغذائية، كما أنها لا تستطيع أن تجاري نمو الفطريات التي تعج التربة بها، كما أن مضادات الحيوية التي تفرزها تلك الفطريات توقف نمو البثيالات في الأوساط الغذائية.

لذلك، فإن أخذ عينة من التربة في كمية من الماء المعقم، ثم زراعة جزء منها على أحد الأوساط الغذائية لا تؤدي في الغالب إلى عزل البثيالات.

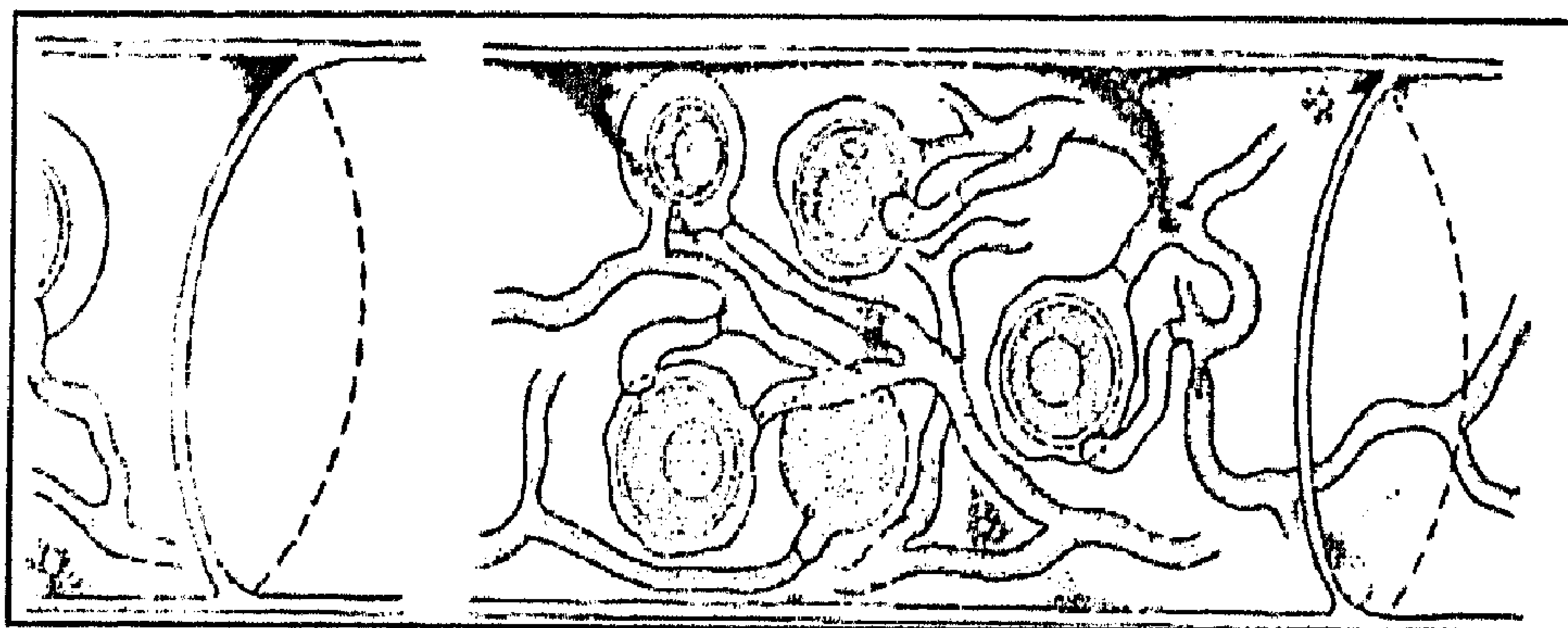
ولعزلها من التربة، فإنه يجب استخدام الأوساط الغذائية الانتخابية مثل إضافة البنليت أو البوليمكسين أو البيماريسين، حيث تعمل هذه المواد على وقف الكائنات التي تضاد نمو البثيالات.

كذلك، يمكن استخدام طريقة المصايد والتي تعمل على اصطياد البثيالات من التربة. تعتمد الطريقة على دفن أحد الثمار المعقمة سطحياً حتى منتصفها في التربة الرطبة (مثل التفاح، الكمثرى، الخيار) وتستطيع البثيالات أن تنمو سريعاً على مثل هذه الثمار. وهكذا أمكن معرفة أن البثيالات واسعة الانتشار في التربة.

يختلف نمط الحياة إختلافاً بيناً، حيث تتغذى الأنواع المائية فيها على الطحالب، ومنها توجد الرميات والمتطفلات. يتطفل الكثير من البثيالات المائية على الطحالب الخضراء والحمراء (*Plorphyra , Ceramium*) والبكتريا الخضراء المزرقة *Tolypothrix*. وهذه المتطفلات غير متخصصة، حيث يمكن للنوع الواحد أن يصيب مدى واسع من الطحالب، وإذا ما حقن اصطناعياً فإنه يصيب النباتات الراقية. فالفطر *Pythium adherens* يتطفل على الطحلب *Rhizoclonium hierogliphicum* والطحلب *Spirogyra crossa* والبكتريا الخضراء المزرقة *Tolypothrix sp* كما يمكنه إصابة الذرة والباذلاء والطماطم والخيار. وبعض أنواع البثيالات المائية نجدها على الحيوان والحيوانات اللافقارية المائية.

عندما تتطفل البثيالات على الطحالب، فإن خيوط الطفيل تنمو مخترقة خلايا العائل، حيث يستدمرها ويسبب موتها (شكل رقم ٣-١-١٣).

بعض الأنواع تنمو سطحياً على العائل وترسل ممصاتها المتباينة الأشكال داخل خلايا العائل، فتعمل على امتصاص المواد الغذائية منها وتبقى الخلايا المصابة حية لفترة أطول.



شكل رقم (٣-١-١٣):

الميسليوم والأعضاء الجنسية للفطر *Pythium gracile* في خلية طحلب الإسبيروجيرا.

مستوطنات التربة، إما مترممة أو متطفلة. والكثير منها يهاجم الأجزاء الأرضية للنباتات الراقية. الأنواع البدائية منها تعيش لفترات طويلة في التربة كمترممات تتغذى على بقايا الأجزاء النباتية، إلا أنها إذا ما صادفت مجموعاً جذرياً لنبات ما فإنها تهاجمه. فهي تهاجم الأجزاء الفتية الغضة من الجذر والغير محمية بواسطة الأغطية الدفاعية وكذا النباتات الضعيفة النامية في الظروف البيئية غير المواتية. تموت الجذور المصابة ويذبل المجموع الخضري للنبات.

تؤدي إصابة الجذور بالبثيالات إلى حدوث مرض عفن الجذور (شكل رقم ٣-١-١٤)، وتصاب الكثير من النباتات بهذا المرض، الذي يكثر انتشاره في الأعوام الباردة الرطبة، وفي هذه الظروف تنموا الجذور ببطء، كما تعمل ظروف زيادة رطوبة التربة إلى نقص التهوية فتموت الجذور. لا تستطيع الخلايا الميتة الدفاع عن نفسها، فيهاجمها ويعيش على الجزء الميت من الجذر ويعمد الفطر لإفراز مواد سامة (توكسينات) تؤدي لقتل الخلايا المجاورة، وبذلك يستمر الكائن في تعايشه في الجذر. مثل هذه البثيالات، كتلك التي تصيب الطحالب واسعة المدى العوائلي، حيث تصيب مئات الأنواع النباتية من مختلف الرتب والفصائل.

وعلى النقيض، فالأنواع الأكثر رقياً من الناحية التطفلية تتواجد في غياب العائل النباتي في التربة في صورة ساكنة، إلا أن الميسليوم لها لا يستطيع التنافس مع الأنواع الرمية، فتموت بسرعة.

بعض البثيالات لا تصيب المجموع الجذري فقط، ولكنها تهاجم الأجزاء الفوق أرضية، وهذه هي الأنواع عالية التخصص. فهي لا تحتاج لأجزاء فتية، ولكنها تتغذى فقط على الخلايا الحية، لذلك، فالخيط الهيفي ينمو في الأنسجة ما بين الخلايا ويرسل ممصات لامتصاص المواد اللازمة له من داخل الخلية. لذلك تستمر الخلية المصابة حية لفترة أطول.

تعكس دورة الحياة والخواص الشكلية للبثيالات نمط حياتها. الميسليوم محاط بجدار سليولوزي عديد الأنوية (مدمج خلوي)، يتراوح قطر الهيفا من ٦ إلى ١٠ ميكرومتر، ذو مقدرة عالية على النمو غير المحدود في الأوساط الغذائية أو التربة أو نسيج النبات العائل. على الميسليوم تتكون أعضاء التكاثر اللاجنسية أو الجنسية. في الأول تتكون الأكياس الإسبورانجية التي تتميز داخلها الجراثيم السابحة. الأكياس الإسبورانجية للبثيالات المائية أو التي تستوطن التربة تعتبر نهايات هيفات غير متخصصة عن بقية الميسليوم، تنفصل عنه بجدار عرضي. في الأنواع *Pythium dissotocum* و *P. monospermum* تشبه الأكياس الإسبورانجية تلك التي تتكون في السابروليجينات خيطية. وفي غيرها *Pythium debaryanum* و *Phytophthora* تكون الأكياس كروية أو ليمونية الشكل. الأنواع المتطفلة على النبات تكون حوامل إسبورانجية متخصصة تحمل الأكياس على سطح العائل وذلك لسهولة انتشارها (شكل رقم ٣-١-١٥).




شكل رقم (٣-١-١٤): الأمراض الناتجة عن بعض البيضيات:

1) مرض الفيتوفتورا على جذور وأوراق نبات الجنسيا.

2) فطر *Pythium irregular* على جذور البسلة.

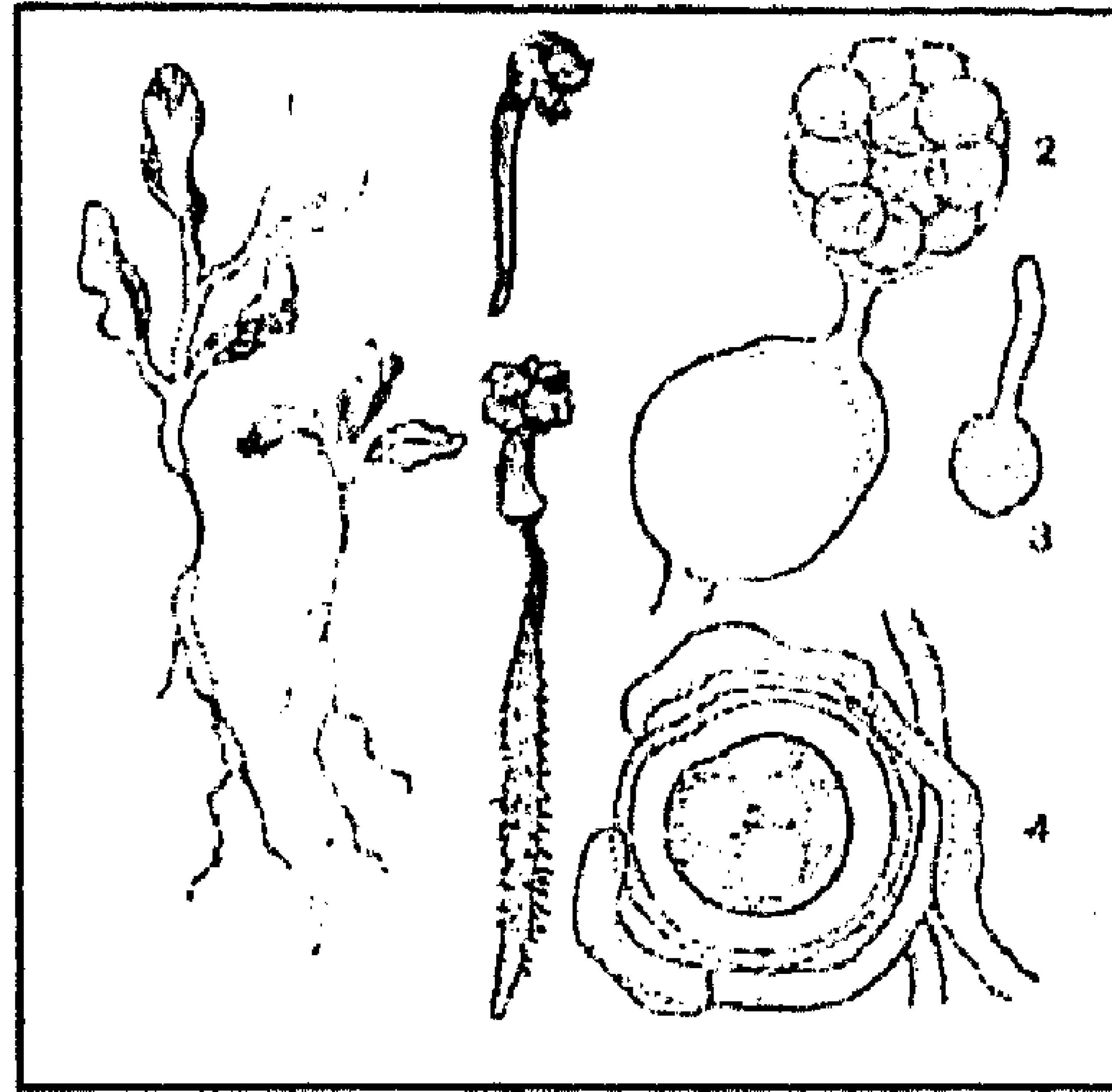
3) فطر *Paphanide matum* على ثمار القرعيات.

4) الجنس *Basidiophora* على الأوراق.

5) الفطر *Selerospora graminicola* على الحبوب.

6) الفطر *Plasmopara helianthi* على نبات دوار الشمس.

7) الفطر *Plasmopara* على الخيمية.




شكل رقم (٣-١-١٥): الفطر *Pythium deparyanum*

1) إصابة جذور البنجر.

2) خروج الجراثيم السابحة من الكيس الإسبورانجي وتميزها في الفقاعة.

3) إنبات الجراثيم.

4) الحافظة البيضية واثنان من الإنثريدات.

تعتمد طريقة إنبات الأكياس الإسبورانجية على طبيعة المعيشة. ففي كل الأنواع المائية وبعض الأنواع الأرضية المعيشة يحدث انفجار لقمة الكيس أو من جانبه، تخرج منه المحتويات الداخلية للكيس في فقاعة، يحدث داخل هذه الفقاعة تقطيع البروتوبلازم إلى جراثيم سابحة، وفي أثناء ذلك يبقى الكيس متصلاً بالخيط الحامل له. هذا النمط من الإنبات يناسب المعيشة المائية، حيث تجد الجراثيم السابحة الوسط المناسب لانطلاقها فتسبح ثم تنبت.

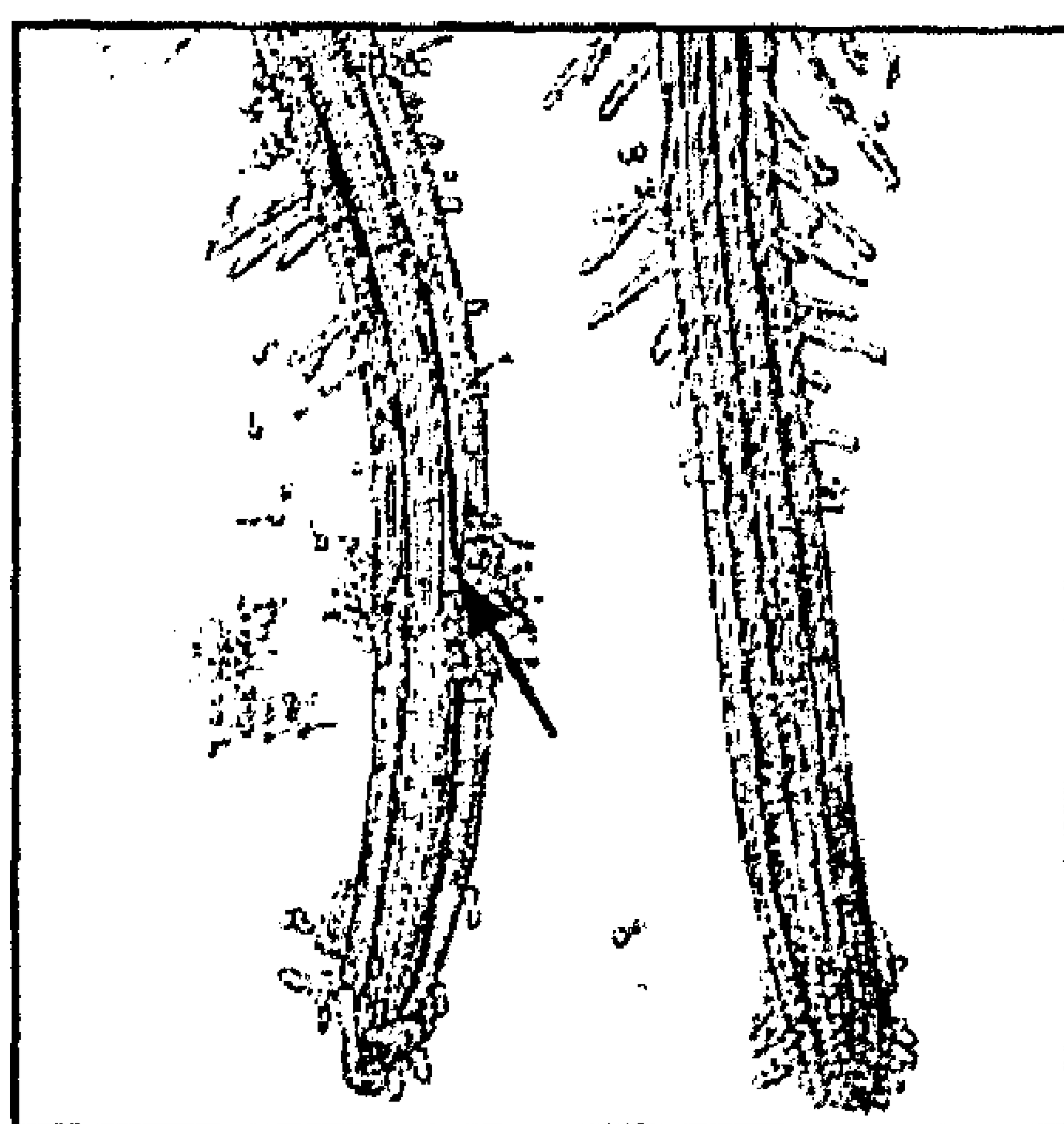
أما البثيالات التي تصيب الأجزاء النباتية الفوق أرضية، والتي عادة ما تتعرض أسطح النبات لفترات متبادلة من الرطوبة والجفاف، فإن هذا النمط من الإنبات لا يناسبها، حيث

ستؤدي ظروف الجفاف إلى موت هذه الجراثيم. لذلك، فإن خروج الجراثيم في مثل هذه الأنواع يتم على مرحلتين. يحدث أولاً انفصال الأكياس من حواملها، والأكياس ذات جدار سميك، تحافظ على حياتها لفترة طويلة في حالة عدم توافر قطرات الماء وتعمل الرياح على نثرها أو بمساعدة قطرات المطر لمسافات بعيدة. لا يحدث خروج للجراثيم السابحة إلا في وجود قطرة ماء مناسبة. وحيث تنخفض درجة الحرارة، أي في ظروف مثلى تضمن حياة الجراثيم. تسبح الجراثيم المنطلقة في قطرة الماء لفترة تتراوح من عدة دقائق إلى بضعة ساعات ثم تسكن وتنبت. وإذا ما حدث وارتفعت الحرارة عن ٢٠°م، ففي هذه الحالة سرعان ما تختفي القطرات المائية، لذلك، فإن بعض البثيالات امتلكت مقدرة على الإنبات المباشر للكيس الإسبورانجي، حيث يعمل جمعية كجرثومة واحدة، حيث تتطرق أنبوبة الإنبات هذه إلى داخل النبات العائل. ويطلق على الكيس الإسبورانجي في الحالة الأخيرة جرثومة كونيدية.

تتحرك الجراثيم بواسطة سوطين، وعادة ما تتحرك الجراثيم حركة سالبة مع تيار الماء، إلا أن الأنواع المتطفلة على جذور النباتات مثل *Pythium aphanidermatum* و *Pytophthora parasitica* و *Phytophthora fragariae* وغيرها تبدي حركة نشطة في اتجاه الجذر، حيث تنجذب هذه الجراثيم بشدة للجذور المتطفلة عليها (شكل رقم ٣-١-١٦). ولقد أمكن الاستدلال على طبيعة الانجذاب تجاه الجذر العائل. فالجراثيم السابحة لفطر *Phytophthora palmivora* المتطفل على جذور الكاكاو تنجذب إليه. وقد وجد أن قشرة الجذر تحوي بعض الأحماض الأمينية التي تجذب الجراثيم السابحة إليها.

بالإضافة إلى عامل الجذب الكيماوي Chemotaxis وجد عامل جذب آخر وهو الانجذاب الفيزيائي Physiotaxis. فعند وضع الجراثيم السابحة لفطر

*Phytophthora parasitica* في وعاء زجاجي مزود بقطبين كهربيين، وجد أن الجراثيم السابحة تنجذب إلى الكاثود (الموجب). وإذا ما غير مسار التيار الكهربي ليصبح الموجب سالب والعكس، تجد أن الجراثيم تترك القطب الذي أصبح سالباً وتتجه إلى القطب الموجب. ونظراً لأن الجذر يمتلك خاصية كهربية ضعيفة، فقد وجد أن الكثير من البثيالات تنجذب كهربياً إلى جذر النبات العائل.



شكل رقم (٣-١-١٦):

الفعل الانجذابي (الانجذاب الكيماوي) لمنطقة الجرح في جذر النبات بالنوع *Pythium aphanidermatum* حيث يشير السهم لمنطقة الجرح في الجذر بالمقارنة بالجذر السليم (إلى اليمين).

ويعتقد أن خاصية الانجذاب لهذه الفطريات ليست ذات شأن كبير، ذلك لأنه بدون مساعدة تيار الماء، لا تتحرك الجراثيم السابحة إلا لمسافات قصيرة. فسرعة الانجذاب للجراثيم المتحركة للنوع *Pythium aphanidermatum* تبلغ ٢,٥ مم/الدقيقة. وفي التربة الرطبة الموضوعة في أطباق بتري لا تصل الجراثيم المتحركة لفطر *Phytophthora cinnamomi* إلى جذر يبعد عنها أكثر من ٧ سنتيمتر.



بعد فترة السباحة، تفقد الجراثيم الأسواط تتكور ثم تحيط نفسها بجدار رقيق ثم تشرع في الإنبات بتكوين أنبوبة إنبات.

تتكون أعضاء التكاثر الجنسي على الميسليوم النامي. الأعضاء الأنثوية (الحافظة البيضية) هي نمو كروي أما المذكر (الأنثريدات) فهي خيطية (انظر شكل ٣-١-١٥).

ينجذب طرف الخيط المذكر إلى الحافظة البيضية حيث يذوب الجدار الفاصل بينهما في نقطة الإلتقاء، ثم تنسكب محتويات الأنثريدة في الحافظة البيضية. وبعد اندماج النواتان تتكون الجرثومة البيضية ثنائية الصبغيات. تحيط الجرثومة البيضية نفسها بجدار سميك، وتخزن كميات كبيرة من المواد الغذائية، وهكذا تستطيع البقاء لفترات طويلة في الظروف غير المواتية.

وقد وجد في إحدى الدراسات أن الجراثيم البيضية أمكنها المحافظة على حيويتها لمدة ١٢ سنة في تربة جافة. تنبت الجرثومة البيضية إما بإعطاء حامل إسبورانجي أو أنبوبة إنبات.

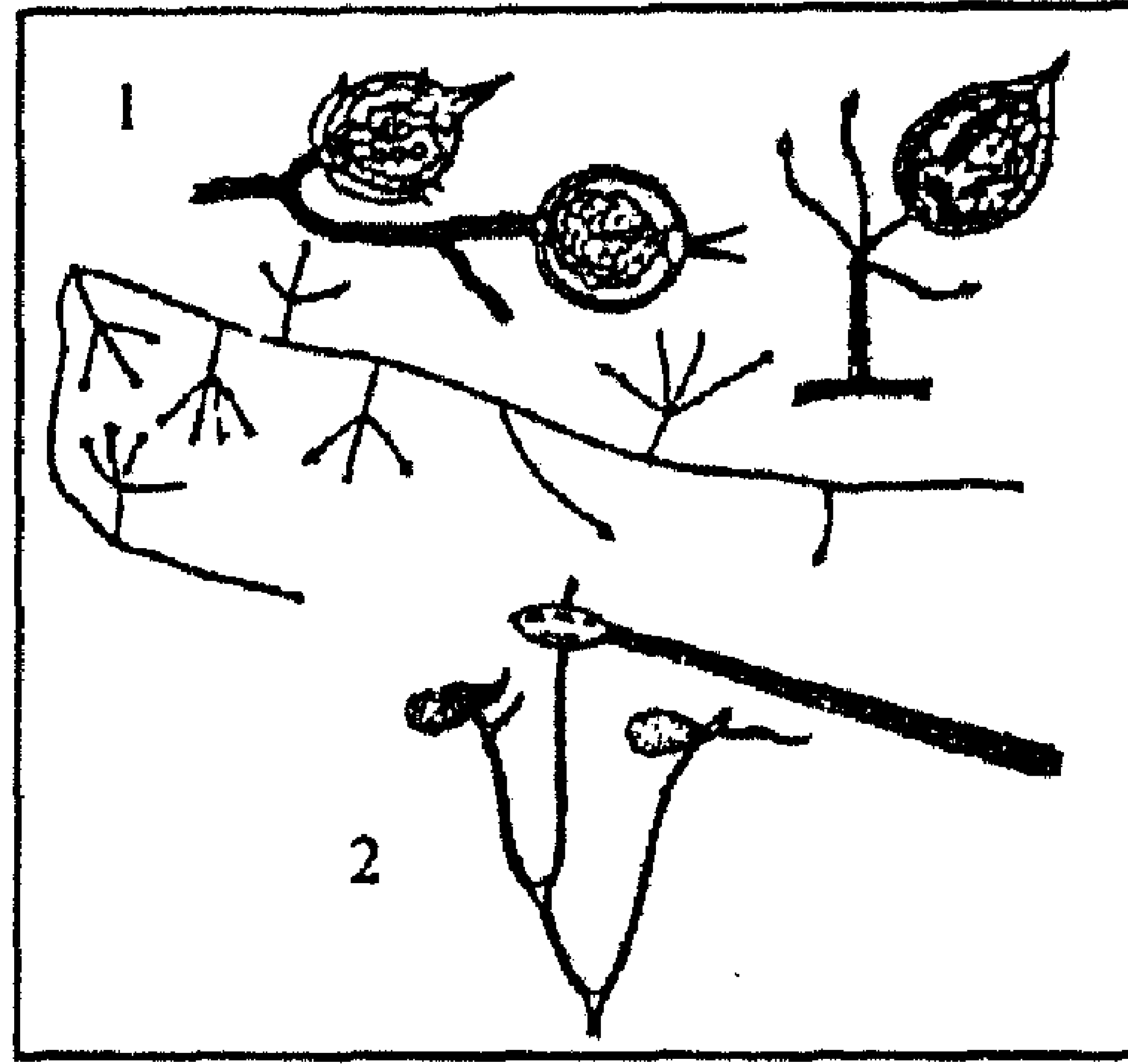
كثير من البثيالات متوالفة الثالوس، بمعنى أنه على الخيط الميلسيومي الواحد يتكون كلا نوعي أعضاء التكاثر الجنسي. إلا أنه توجد الأنواع غير متوافقة الثالوس.

كذلك، فإنه لتكوين الأعضاء الجنسية يلزم تلامس ميلسيومين من سلالات مختلفة. ولهذه الفطريات عزل نوعان من العزلات أ١ ، أ٢ ($A_2$ , $A_1$). ويلزم لتكوين الجراثيم البيضية ترافق نمو السلالتين أ١ + أ٢. ففي نقطة التلامس بين الميسليومات يحدث انتفاخ لنهاية طرفية لأحد الهيفات مع زيادتها في السمك، معطية بدايات الأنثريدة. والهيفا الملامسة للأنثريدة من السلالة الأخرى تشرع في النمو مخترقة الأنثريدة وفوق هذه الأنثريدة -من الهيفا المخترقة لها- يتكون جسم كري هو الحافظة البيضية. الأنثريدة في هذه الأنواع تأخذ الشكل القرصي، أما الحافظة البيضية فمستديرة.

وبرغم أن تكوين الجراثيم البيضية يستلزم وجود العزلتين أ١ + أ٢ إلا أنه من الخطأ القول أن أحداهما مذكرة والأخرى مؤنثة. ذلك لأن أحداهما قد تسلك السلوك المذكر إذا ما التقت بأحد السلالات، وتسلك السلوك الأنثوي إذا ما التقت بسلالة أخرى. وعلى ذلك، فإن عدم التوافق في البثيالات يرجع على أنه مزدوج القطب وأن انعزاله نسبي، يؤدي التلامس بين العزلات المختلفة إلى تنشيط الميسليوم لتكوين الأعضاء الجنسية. فإذا ما فصلنا بين عزلتين مختلفتين ناميتين بغشاء شبه منفذ (سيلوفان)، تتحول كلا العزلتين الغير متوافقتين كل على حدة إلى سلالات متوافقة حيث يتكون على كل منها أعضاء التذكير والتأنيث، كما يعطي التزاوج جراثيم بيضية ناضجة تنبت كما سبق. وتدل نتائج هذه الدراسة على أن شرارة تكوين الأعضاء الجنسية في العزلات غير المتوالفة ذاتياً تطلقها مواد كيميائية تنفذ خلال الأغشية شبه المنفذة.

يندرج تحت العائلة البثية عدة أجناس. يتميز الجنس Zoophyagus (شكل رقم ٣-١-١٧) أن الأكياس الإسبورانجية الكمثرية الشكل تنفصل عن الهيفا الحاملة بجدار عرضي. تتطفل أنواع هذا الجنس على الحيوان المائي الدوار rotifers ولميسليوم الفطر خيوط قصيرة متخصصة تعمل على اقتناص عوائلها. ويمكن العثور على هذا الفطر في الطبيعة بين خيوط الطحالب الخيطية.

لأنواع الجنس *Pythiogeton* جراثيم سابحة تتكون في فقاعة طويلة على شكل كتلة غير متمايزة تخرج من الأكياس الإسبورانجية. تحيط الجراثيم البيضية نفسها بجدار سميك جداً، وتنمو في الماء على الثمار والأجزاء الأخرى المغمورة فيه.




شكل رقم (٣-١-١٧):

1) الفطر *Zoophagus tentactum*. منظر عام للخيوط الميسليومية والأكياس الإسبورانجية والفطر متطفل على الحيوان المائي الدوار rotifers.

2) الفطر *Pythiogeton transversum*.

تتطفل الأنواع التابعة للجنس *Lagenidium* (الذي ظل لفترة طويلة تابعاً لرتبة اللاجنيديالات) على الطحالب الخضراء وحيدة الخلية أو عديداتها. يتميز بوجود ميسليوم كيسي الشكل، يكون خيوط قصيرة، ومع نضج الميسليوم ينقسم بجدر عرضية إلى خلايا عديدة الأنوية، كل منها قد يبقى على صورته الخضرية أو يتحول إلى كيس إسبورانجي، أو يعطي حافظة بيضية أو أنثريدة، إلا أنه في بعض الأنواع ينفصل الميسليوم إلى خلايا ويعطي كيس إسبورانجي واحد أو حافظة جاميطية.

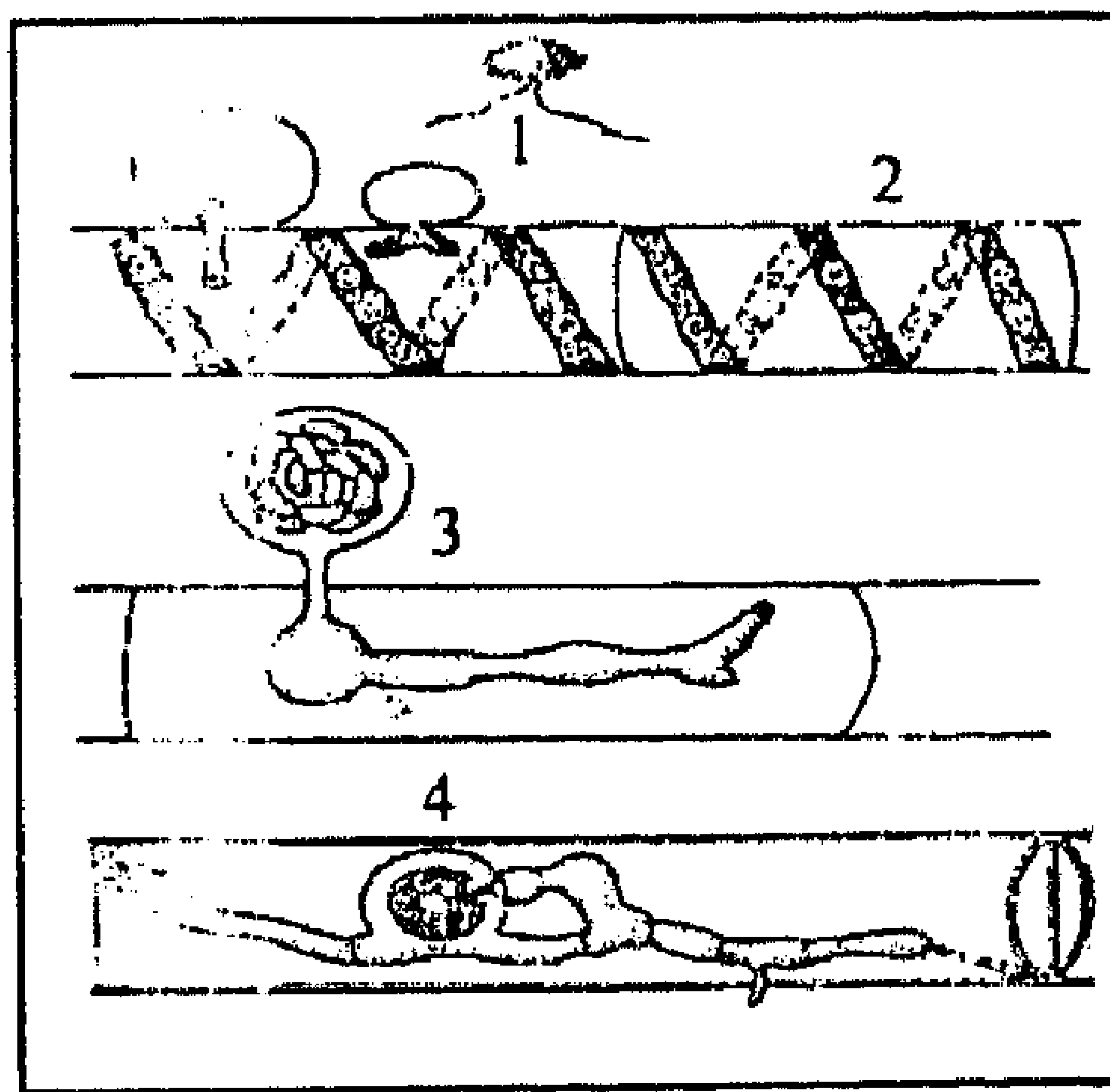
يحدث تكوين الجراثيم السابحة داخل فقاعة والتي تظهر في نهاية عنق تخرج من الكيس (شكل رقم ٣-١-١٨).

لا تختلف الحافظة البيضية عن الأنثريدية في الشكل، وفي الأنماط متجانسة الثالوس تتكون الجاميطات من خلايا متجاورة في الثالوس. أما في الغير متجانسة، فتتكون من خلايا

مختلفة المنشأ. وتتميز داخل الحافظة البيضية خلية بيضة واحدة.

تنتقل مكونات الأنثريدة للحافظة البيضية عن طريق ثقب وبعدها تنضج ويتكون داخل الكيس الناضج جرثومة بيضية واحدة، وتنبت هذه بإعطاء أنبوبة إنبات أو جراثيم سابحة (شكل ٣-١-١٨).

تتطفل أنواع جنس *Myzocytium* على طحالب الماء العذب أو النيماتودا. الثالوس مقسم وعادة ما يعطي أكياس إسبورانجية في سلسلة.




شكل رقم (٣-١-١٨): الجنس *Lagenidium*

1) جراثيم سابحة.

2) إصابة طحلب إسبيروجيرا.

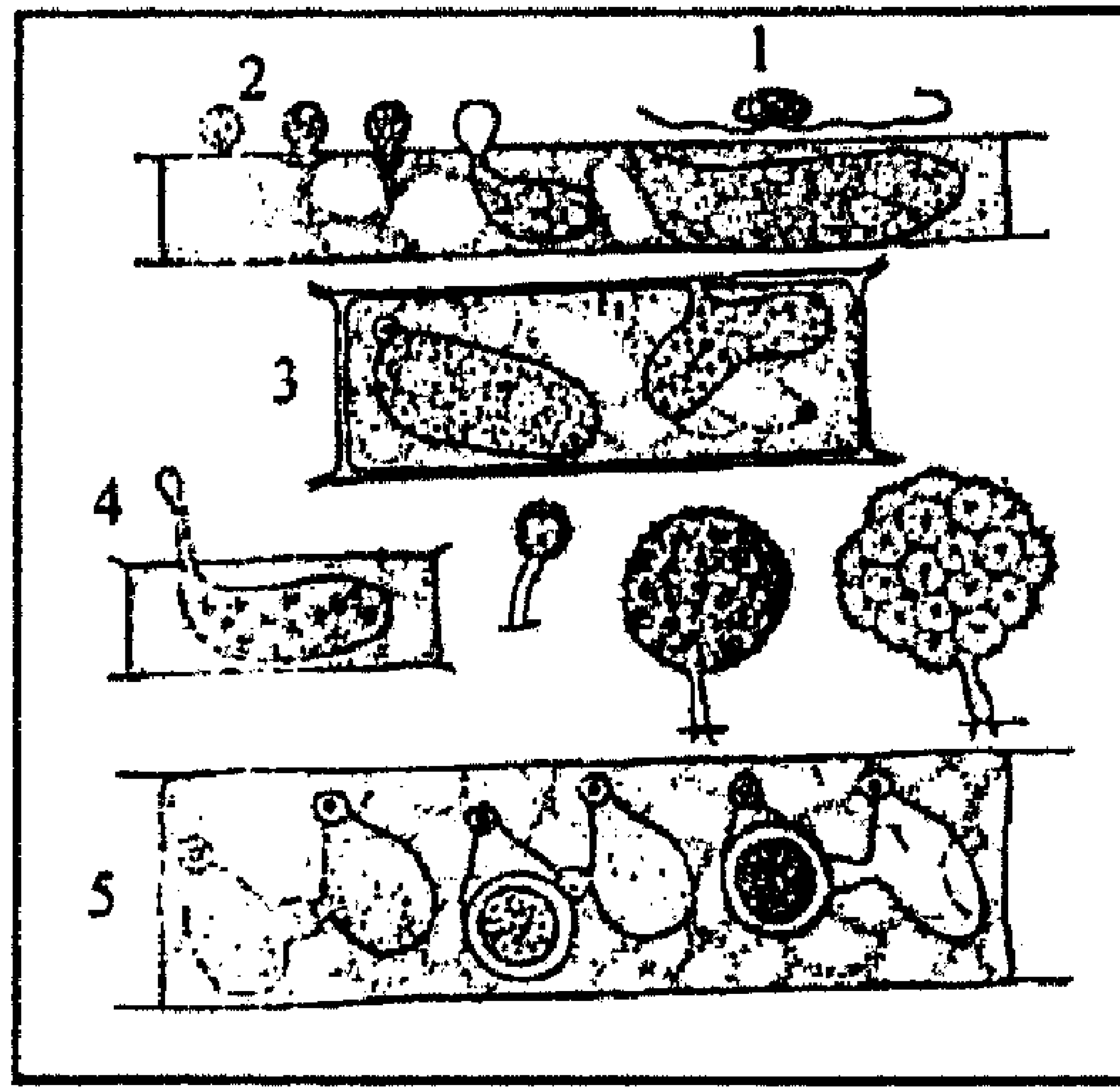
3) تكوين الكيس الإسبورانجي وخروج الجراثيم السابحة.

4) التكاثر الجنسي.

تحدث بعض البثيالات أوبئة تؤدي لموت عدد كبير من الطحالب. فالنوع *Petersenia lobata* يؤدي لهلاك الطحلب الأحمر *Seirospora* في البحر المتوسط والنوع *Myzocytium proliferum* إلى موت طحلب الإسبيروجيرا. يتطفل النوع *Lagena radicicola*

على الشعيرات الجذرية وجذور القمح، وغيره من محاصيل الحبوب مسبباً ذبولها.

الثالوس عادة ما يكون متطاولاً وهذا يتحول إلى كيس إسبورانجي، يفتح بواسطة رقبة تخترق الجذر أو الشعيرة الجذرية، تنطلق الجراثيم في فقاعة تنضج بها الجراثيم السابحة (شكل رقم ٣-١-١٩). يحدث التكاثر الجنسي باقتران خليتين متشابهتين وتنتقل محتويات أحدهما إلى الأخر، حيث تتكون خلية ساكنة (جرثومة بيضية).




شكل رقم (٣-١-١٩): النوع *Legena radicicola*

1) جراثيم سابحة. 2) عملية اختراق لشعيرة جذرية لنبات القمح.
3) الثالوس داخل خلية الجذر. 4) تكوين الكيس الإسبورانجي.
5) التكاثر الجنسي.

تضم رتبة البثيالات فصيلة واحدة هي الفصيلة البثيالية Family Pythiaceae والتي تضم عدداً من الأجناس تتفاوت من سبعة إلى تسعة وقد تضمن قاموس الفطريات (طبعة ١٩٩٧) ما يزيد عن عشرين جنساً، على رأس هذه الأجناس جنسي *Pythium, Phytophthora* الذي سنعرض لهما أهمية خاصة نظراً لكونهما من أهم مسببات الأمراض النباتية، توجد أجناس *Holophythophthora, Diasporangium, Cystosiphon, Pythiogeton,* بالإضافة للأجناس السابق مناقشتها.

## ٣ـ١ـ٦ـ١ الجنس بثيوم

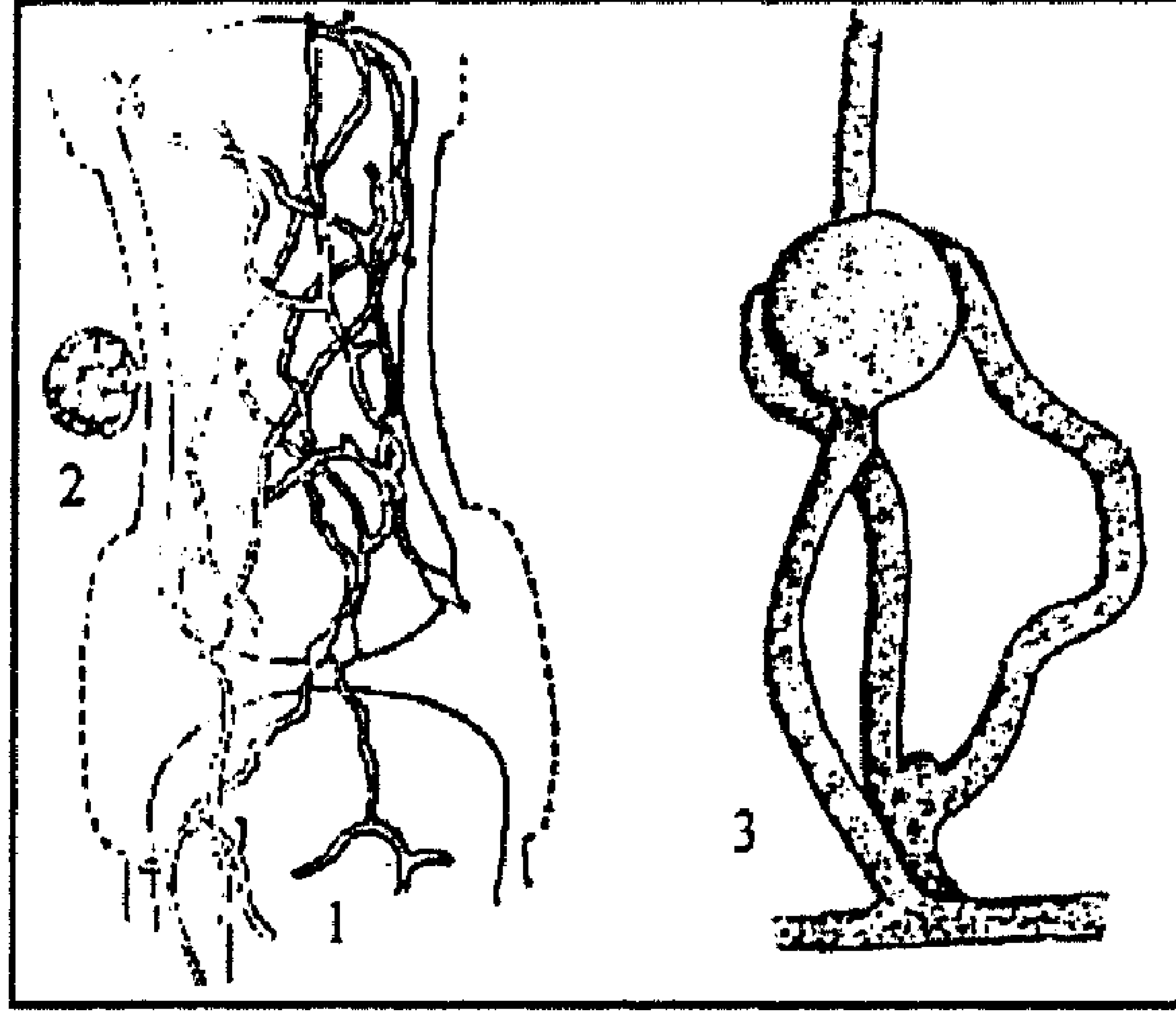
## Genus *Pythium*

تتميز أنواع هذا الجنس بميسليوم ذو خيوط عنكبوتية الشكل رفيعة (٣-٦ ميكرومتر في القطر) تنتشر في الطبقة التحتية، إلا أن أهم ما يميزها هو طريقة إنبات الأكياس الإسبورانجية ففي ظروف تواجد الماء الحر تخرج الكتلة البروتوبلازمية من داخل الكيس إلى تركيب فقاعي، تتميز بداخله تدريجياً الجراثيم سابحة ثنائية الأسواط الجانبية.

غالبية أنواع هذا الجنس مائية المعيشة، تعيش في الماء العذب، إلا أن الأنواع *P.maritimum, P.reptans, P.marinum* تعيش على الأنواع الحية والميتة للطحالب الحمراء لأجناس *Ceramium, Porphyra, Bangia*.

يغزو ميلسيوم النوع *P.marinum* خلايا الطحالب الحمراء بمساعدة عضو إلتصاق appressorium، وينمو خلال خلايا عديدة. تعمل الأكياس الإسبورانجية الخيطية على اختراق جدار خلايا العائل وتمتد لمسافة في الماء. تتكون الجراثيم السابحة في فقاعة تخرج من االكيس الإسبورانجي (شكل رقم ٣-١-٢٠).

تحدث إصابة الطحالب بواسطة أنابيب إنبات الجراثيم السابحة بعدة طرق. فعند مهاجمة الطحلب الأحمر *Ceramium* يكون الفطر عضو التصاق ويخرج منه وتد العدوى وهذا يخترق الجدار بالضغط الشديد عليه، فينفذ منه لداخل الخلية. وتحدث إصابة الطحلب *Porphyra* بطريقة أكثر يسراً، ذلك لأن جدار هذا الطحلب رقيق، فتخترق أنبوبة الإنبات جدار الطحلب مباشرة.




شكل رقم (٣-١-٢٠):

إصابة الطحاب الأحمر Ceramium بالفطر Pythium maritimum

1) ميسليوم الفطر داخل خلية الطحلب.

2) تحرر الجراثيم السابحة.

3) الحوافظ البيضية وأنثريدات الفطر Pythium fabae.

غالبية أنواع الجنس *Pythium* التي تعيش في الماء العذب تتطفل على خيوط الطحالب الخضراء. وأكثرها انتشاراً النوع *P.gracile* و *P.tenue*. ففي النوع الأول تكون الجراثيم البيضية كبيرة الحجم (١٦-٢٠ ميكرومتر) وفي الثاني (٧-١٧ ميكرومتر) بالإضافة إلى أن الجراثيم البيضية في الثاني ذات جدار سميك جداً.

الإنثريدات والحوافظ البيضية للنوع الأول تتكون دائماً على خيوط مختلفة، وفي النوع الثاني غالباً ما تتكون على نفس الخيط. يمكن للدارس أن يصادف كلا النوعين في خلايا طحلب الإسبيروجيرا، حيث يظهر بداخه النمو الميسليومي والأعضاء الجنسية والجراثيم البيضية بالإضافة إلى الإسبيروجيرا، فأنواع هذا الجنس تصيب طحالب *Rhizoclonium, Cladophora, Vaucheria, Sphaeroplaea, Chara, Nitella, Chlorococcum* وغيرها. كما تصيب بعض الأنواع مثل *P.daphnidarum* السرطانات الصغيرة.

تصيب الأنواع المستوطنة للتربة جذور النباتات الراقية، فتسبب أمراض أعفان الجذور وموت البادرات سواء قبل ظهورها فوق سطح التربة أو بعد ظهورها، فتهاجم منطقة التاج مسببة سقوط البادرات. فمن قرابة ١٣٣ نوع بثيومي، فإن قرابة ٤٠ نوع تعيش في الماء والباقية تعيش في التربة.

وفي التربة يمكن أن نلتقي بغالبية أنواع الجنس بثيوم، هذه الأنواع تتشابه إلى حدٍ كبير في صفاتها الشكلية وفي خواصها التطفلية، لذلك، فإنه يصعب إلى حد كبير تعريف هذه الأنواع بدقة، لذلك، فقد اتجهت الدراسات التقسيمية لاستخدام الخصائص الكيموحيوية والصفات السيرولوجية حتى يتسنى للدارس تعريف النوع تعريفاً دقيقاً.

وفيما يلي مفتاح مبسط لأهم أنواع الجنس بثيوم المسببة أمراضاً للنبات.

## مفتاح متوازي لتعريف أنواع الجنس بثيوم المتطفلة على النباتات الوعائية

١- الإسبورانجيات خيطية........................................٢

- الإسبورانجيات كرية........................................١٢

- الإسبورانجيات مجهولة........................................*P.vitis*

٢- الإسبورانجيات يختلف أحياناً عن الهيفا - منتفخة........................٥

- الإسبورانجيات لا يختلف عن الهيفا الخضرية - ليست منتفخة....................٣

٣- الجرثومة البيضية تشغل كل فراغ الحافظة البيضية،

الأنثريدة وحيدة الوتد أو ثنائية لكل حافظة١-٢ أنثريدة *P.monospermum*

- الجرثومة البيضية لا تشغل فراغ الحافظة البيضية........................٤

٤– الجرثومة الإسبورانجية كروية الشكل الأجسام التكاثرية توجد في سلاسل
*P.perniciosum*

– الجرثومة الإسبورانجية كروية الشكل لا توجد أجسام تكاثرية – الأنثريدات ثنائية النتوء
*P.gracile*

٥– الحوافظ البيضية ملساء........................................................٦

– الحوافظ البيضية ذات أشواك *P.periplocum*

٦– خلية البيضة تشغل فراغ الحافظة البيضية........................................٧

– خلية البيضة لا تشغل فراغ الحافظة البيضية.......................................٨

٧– الأنثريدة وحيدة النتوء، تتكون جانبياً للحافظة البيضية،

الأنثريدات ٢–٦ لكل حافظة بيضية، منتفخة أو دبوسية أو خطافية *P.graminicola*

– الأنثريدة ثنائية الوتد، تتكون الأنثريدات على أفرع منفصلة تتكون حتى ٢٥ أنثريدة لكل حافظة بيضية *P.arrhenomanes*

٨– الأنثريدات وحيدة وأحياناً ثنائية الوتد..........................................٩

– الأنثريدات ثنائية وأحياناً وحيدة الوتد..........................................١٠

٩– الأنثريدات نموذجياً بينية وأحياناً طرفية،

منتفخة، ١–٢ لكل حافظة بيضية *P.aphanidermatum*

– الأنثريدات طرفية – لا يوجد بينية ذات انتفاخ ضعيف من ١–٦ (عادة٢–٣) لكل حافظة بيضية *P.tardicrescns*

١٠– الخيط الأنثريدي عادة حلزوني (شبه هلامي) عندما يقترب من الحافظة البيضية
*P.volutum*

– الخيط الأنثريدي غير حلزوني عند اقترابه من الحافظة البيضية..........................١١

١١– الخيط الأنثريدي يتكون جانبياً للحافظة البيضية،

الخلية الأنثريدية خطافية تتلامس مع الحافظة البيضية قمياً *P.aristosporum*

- الخيط الأنثريدي لا يتكون جانبياً،

الخلية الأنثريدية خطافية تتلاقى مع الحافظة البيضية قاعدية أو قمية *P.myriotylum*

١٢- الحافظة البيضية شوكية.................................................١٣

- الحافظة البيضية ملساء. الجرثومة البيضية ملساء.................................١٣

١٣- خلية البيضة تشغل فراغ الحافظة البيضية، أنبوبة الإخصاب طويلة ودقيقة

*P.hypogynum*

- خلية البيضية لا تشغل فراغ الحافظة.................................................١٤

١٤- الإسبورانجيات تتكون متداخلة (داخل الكيس الفارغ)..................................١٥

- الإسبورانجيات ليست متداخلة.................................................١٧

١٥- الجراثيم البيضية تحوي عدة أجسام كروية، الإسبورانجيات كروية *P.polytylum*

- الإسبورانجيات بيضية الشكل أو بيضية منعكسة.........................................١٦

١٦- الخيوط الأنثريدية، أسطوانية متطاولة، منحنية، مستوية *P.helicoides*

- الخلية الأنثريدية أسطوانية متطاولة منحنية، غير مستوية،

الجرثومة البيضية قمية *P.oedochilum*

١٧- الأنثريدات أسفل الحافظات البيضية ونادراً وحيدة الفرع *P.puichrum*

- الأنثريدات وحيدة أو ثنائية الوتد. ولكنها ليست تحت الحافظة البيضية............١٨

١٨- الأنثريدات منحنية الشكل على شكل حرف S *P.polymorphon*

- الأنثريدات ليست منجلية الشكل وليست على شكل حرف S.........................١٩

١٩- الأنثريدات جالسة نموذجياً متصلة اتصالاً مباشراً مع الحافظة البيضية..........٢٠

- الأنثريدات ذات قدم، لا تتصل مباشرة مع الحافظة البيضية.........................٢١

٢٠- غلاف الجرثومة البيضية سميك كثيف *P.ultimum*



- غلاف الجرثومة البيضية ليس سميك *P.paroecandrum*

٢١- الإسبورانجيات طرفية *P.splendens*

- الإسبورانجيات طرفية وبينية........................................٢٢

٢٢- الإنثريـدات خطافيـة الشـكل، دبوسـية ذات طـرف طبقـي الشـكل متصـلة بإحكـام بالحافظة البيضية وعادة ملتصقة بها *P.vexans?*

- الإنثريدات خطافية، دبوسية ذات قمة دائرية، ضيقة الاتصال مع الحافظة البيضية *P.debaryanum*

٢٣- خلية البيضة تشغل كل فراغ الحافظة البيضية........................................٢٤

- خلية البيضة لا تشغل كل فراغ الحافظة البيضية........................................٢٦

٢٤- الأكياس الإسبورانجية بينية وأحياناً طرفية *P.acanthicum*

- لا توجد إسبورانجيات بينية........................................٢٥

٢٥- النتوءات على الحافظة البيضية قصيرة، مخروطية الشكل *P.mamillatum*

- النتوءات على الحافظة البيضية متطاولة، إصبعية الشكل *P.spinosum*

٢٦- توجد إسبورانجيات بينية *P.oligandrum*

- لا توجد إسبورانجيات بينية........................................٢٧

٢٧- الإسبورانجيات لا تداخل معاً،

الإنثريدات ليست تحت بيضية،

ذات قدم، الزوائد على الجراثيم البيضية

ليست حلمية الشكل *P.irregulare*

- تغيب الإسبورانجيات، وإذا وجددت لا تتكون بصورة متداخلة....................٢٨

٢٨- الإنثريدات تحت بيضية، لا توجد إسبورانجيات *P.artotrogus*

- الإنثريدات ثنائية النتوء، توجد إسبورانجيات *P.megalacanthum*

## ٣-١-٦-١-١ عزل أنواع الجنس *Pythium* وحفظ المزارع:

يمكن عزل أنواع الجنس *Pythium* باستخدام أحد الطرق الآتية:

١- يتم نثر أجزاء من النباتات المريضة أو التربة أو بعض قطرات من الماء في أطباق بتري تحتوي ٢٪ آجار مائي. وعادة ما تنمو أنواع الجنس بسرعة عالية مقارنة بغيرها من الفطريات. تنقل أطراف الهيفات إلى البيئة غذائية بعد يومان أو ثلاثة أيام.

٢- يمكن أن تستخدم نفس الطريقة ولكن باستخدام وسط غذائي يحوي مضاد حيوي لتثبيط نمو البكتريا و/أو المبيدبنليت أو Polyene antibiotic لتثبيط نمو الفطريات الأخرى. ويفضل استخدام هذه الطريقة في حالة عزل الفطر من التربة.

٣- توضع قطع صغيرة من المادة المراد العزل منها في أطباق بتري تحوي الماء (كما وصف في الطريقة ٢) وتوضع في الماء بعض بذور القنب المعقمة. وبعد عدة أيام تعمد الجراثيم السابحة على استعمار بذور القنب، وهذه تنقل لوسط غذائي يحتوي على مضادات حيوية، وغالباً ٤١٥ وحدة دولية من البنسلين و٥٠ ميكروجرام/مل ستريبتوميسين.

٤- يخلط جزء من التربة مع حوالي ١٥ جزء من الرمل المعقم ثم يرطب. ندفن في التربة بعض حبوب الذرة، أو القنب أو غيرها من النباتات والتي تعمل كمصايد للفطر. وبعد فترة تعامل كما سبق أن عوملت بذور القنب في الطريقة ٣.

٥- تستخدم كمصايد بعض أنواع الثمار (تفاح، خوخ، طماطم......إلخ) بأن تدفن في التربة أو في شبكة من النايلون وتوضع أسفل سطح التربة المراد العزل منها. وبعد بضعة أسابيع، طبقاً لدرجة الحرارة، تزال وتعامل معاملة الأجزاء النباتية.

وعادة ما يضاف للبيئة المستخدمة بعض مضادات الحيوية لتعطيل نمو غيرها من الفطريات والبكتريا. وتشمل البيئة الأساسية بيئة قوالح الذرة، بيئة البطاطس – الجذر أو وسط Schmitthenner's الصناعي. ويضاف المضاد الحيوي Pimaricin

(٥٠-١٠٠ ميكروجرام/مل) أو البنليت (٢ ميكروجرام/مل أو أكثر). كما استخدمت بعض مضادات الحيوية لسنوات طويلة لتنقية المزارع من البكتريا. ويفضل عادة استخدام توليفات من مضادات الحيوية لإعطاء أفضل النتائج، فيستخدم البنسلين والستريبتوميسين أو الروز بنجال (أحمر البنغال) مع ستريبتوميسين أو مع PCNB (Penta chloronitrobenzen) أو البنسلين أو vancomycin أو chlorotetracyclin أو neomycin أو agrimycin.

بالإضافة لبذور القنب، استخدمت كثير من المواد كمصايد مثل الأوراق أو قطع من درنات البطاطس أو أجنحة الصراصير أو اليرقات الميتة أو حورياتها أو حبوب ذرة حلوة معقمة أو قطع من الخيار المعقمة بالكحول أو قطع من الورق مشبعة بمحاليل تحوى مضادات حيوية.

يستخدم لعد فطريات Pythium في التربة طريقة التخفيف dilution plate. كما يستخدم طريقة التربة المعدلة والتي فيها يتم نخل التربة ثم خلطها بالآجار وهو في الحالة السائلة.

يستخدم أحياناً طريقة النطاق الحراري لعزل أنواع محددة من جنس *Pythium* مثل عزل النوع *P.aphanidermatum* حيث يفضل عزله على درجة حرارة ٣٨°م بينما النوع *P.ultimum* فيعزل على درجة حرارة ٢٠°م.

تحفظ المزارع عادة على درجة ١٦°م وتنقل كل ١٠ أسابيع بالتبادل على الأوساط الغذائية مثل وسط الجذر بطاطس ووسط آجار بذور القنب وتحضر هذه الأوساط كما يلي:

- وسط آجار قوالح الذرة Cornmeal agar: يؤخذ ٦٠ جرام من مطحون قوالح الذرة وتغلى في لتر ماء لمدة ساعة. يرشح المخلوط خلال قطعة من القماش ثم يكمل الحجم إلى لتر بالماء.

- وسط آجار البطاطس – الجذر Potato-carrot agar: يؤخذ ٢٠ جرام جذر و٢٠ جرام بطاطس ثم تفرم وتغلى في واحد لتر ماء لمدة ١٠ دقائق. وبعد الترشيح خلال قطعة قماش يكمل الحجم إلى لتر.
- آجار بذور القنب Hempseed agar: يؤخذ ٢٠ جرام من بذور القنب وتغسل بالماء، تغلى لمدة ٣٠ دقيقة في لتر ماء ثم ترشح خلال قطعة من القطن – الصوف ثم يكمل الحجم إلى لتر. يجب أن تتراوح درجة الحموضة pH 6-7. يضاف لجميع الأوساط ١٥ جرام آجار/لتر وتعقم على ١٢١°م لمدة ٢٠ دقيقة.

كما يمكن حفظ المزارع على وسط آجار قوالح الذرة أسفل زيت البارافين لمدة تصل إلى عشر سنوات.

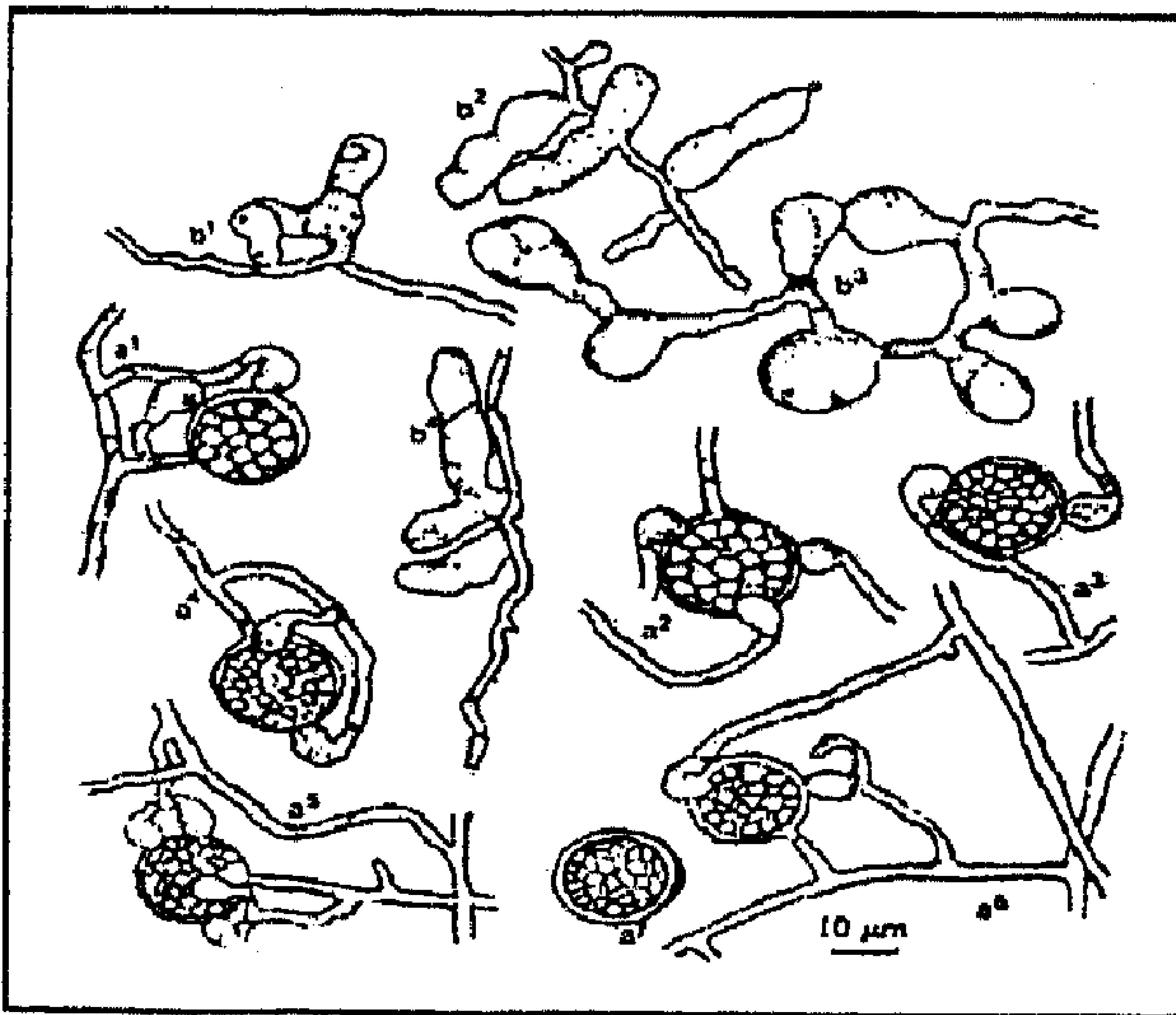
يتطلب تكوين الإسبورانجيات عادة للماء، ولكي يتم تكوينها تؤخذ قطعة صغيرة من المزرعة على وسط آجار قوالح الذرة أو آجار بذور القنب في طبق بتري في طبقة ضحلة من الماء والتي يضاف إليها ١–٢ سنتيمتر من ورقة الحشائش. والماء المستخدم في هذه الحالة يتركب من جزء من ماء بركة معقم وجزء من الماء المقطر. تغلي قطعة ورقة الحشيشة لمدة عشر دقائق. ويجب أن تكون مياه البركة غير ملوثة بأي كيماويات. ويؤدي تغيير الماء المضاف لإنتاج الإسبورانجيات وانطلاق الجراثيم السابحة. وبعد عدة ساعات إلى عدة أيام يستعمر *Pythium* ورقة الحشيش وتكون الأكياس الإسبورانجية على طول حافتها.

تتكون الجراثيم البيضية نموذجياً على بيئة قوالح الذرة. تجرى القياسات على شرائح في Lactophenel-cotton blue. تذبل الإنثريدات غالباً بعدما تفرغ محتوياتها ويجب دراستها في المراحل الصغيرة لتطورها. وتلعب درجة حرارة التحضين دوراً هاماً، ذلك لأن الأنواع المعزولة من المنطقة المعتدلة تعطي جراثيم سابحة في درجة حرارة لا تزيد عن ٢٠°م

وأحياناً فقط على درجة ٥°م، ومن ناحية أخرى، فإن الأنواع الاستوائية تنتج جراثيمها السابحة في نطاق ٢٠–٣٠°م.

☚ وفيما يلي وصفاً مختصراً لأهم أنواع الجنس *Pythium* المرضة للنبات:

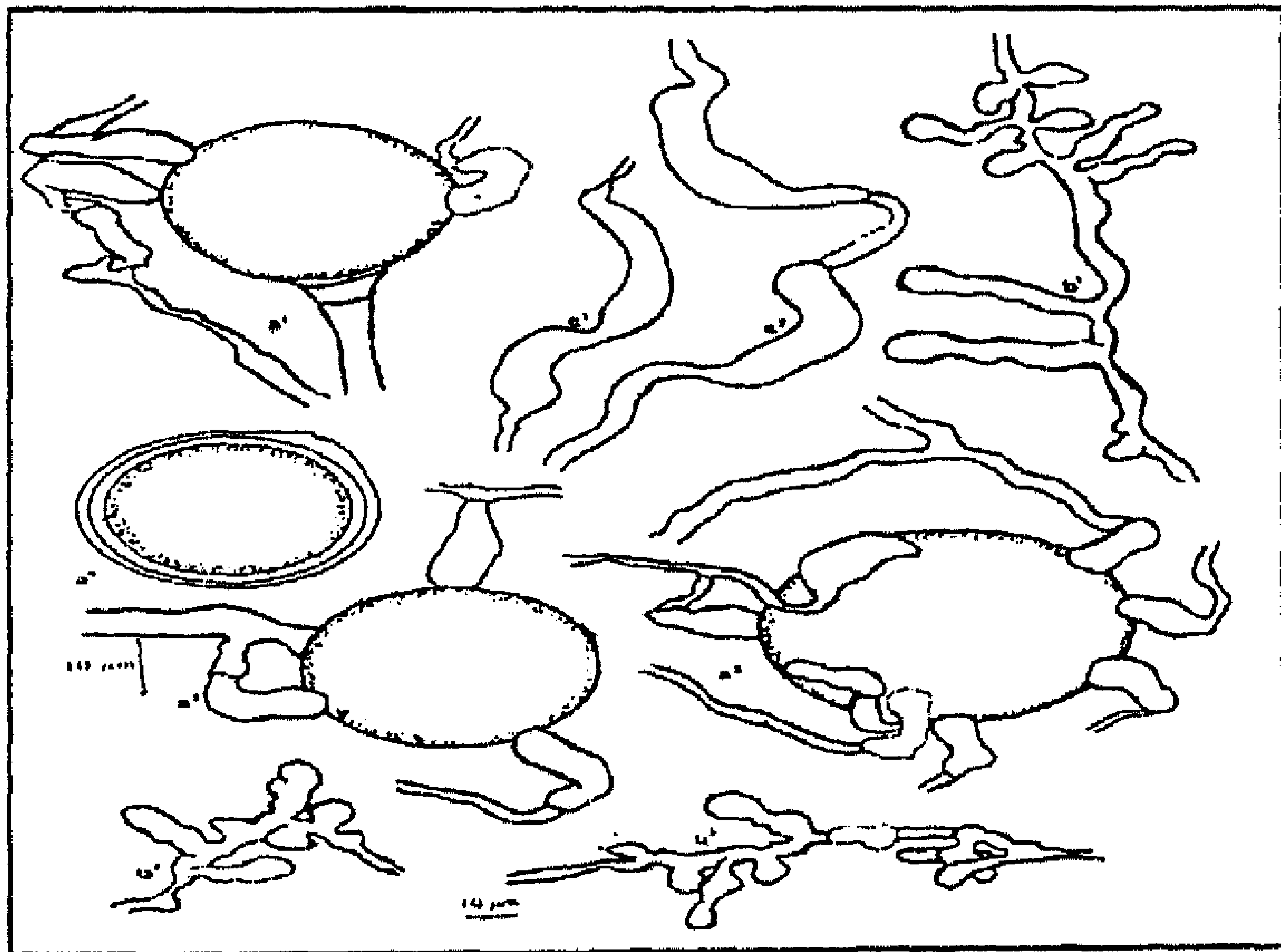
⊂ النوع ***Pythium tardicrescens***: يتراوح قطر الهيفا من ٢,٥ إلى ٥ ميكرومتر، التفرع بدون نظام، يكون عضو امتصاص منتفخ. الإسبورانجيات طرفية، خيطية، غير متزاحمة. الجراثيم الإسبورانجية لم تعرف بعد، تنبت الأكياس بإعطاء أنبوبة إنبات والتي قد تنتهي بجسم كروي. الحافظة البيضية كروية، قمية، نادراً بينية يتراوح قطرها من ١٧ إلى ٣٠ ميكرومتر في المتوسط ٢٤,١ ميكرومتر. الإنثريدات عادة وحيدة الفرع وأحياناً ثنائية من ١ إلى ٦ لكل حافظة بيضية في المتوسط ٢–٣ حافظة بيضية، كروية أو خطافية لكل ١٦× ٦–٨ ميكرومتر، الحافظة البيضية لا تشغلها خلية البيضة. ذات جدار سمكه ١,٢٥–٢ ميكرومتر وقطرها ١٦–٢٦ ميكرومتر، متوسط القطر ٢٠,٣ ميكرومتر. يصيب جذور القمح، واسع الإنتشار في أمريكا الشمالية وأوروبا. (شكل رقم ٣–١–٢١).




شكل رقم (٣–١–٢١):
النوع *P.tardicrescens*

a^1-7^) الأوجونيات والإنثريدات.
b^1-4^) الاكياس الإسبورانجية الملطحة.

النوع *Pythium aristosporum*: يتراوح قطر الهيفا من ٢,٥ إلى ٦,٥ ميكرومتر، تعطي عدد كبير من عضو الالتصاق appressorium، الأكياس الإسبورانجية طرفية، خيطية، إصبعية، عصوية، مفردة أو في مجاميع، تنبت غالباً بإعطاء أنبوبة إنبات ونادراً بإعطاء جراثيم سابحة، الجراثيم البيضية كروية تقريباً، ذات جدار أملس رقيق، عادة قمية على قمة أفرع قصيرة، قطرها ٢١–٣٦ ميكرومتر في المتوسط ٢٨,٨ ميكرومتر. الانثريدات ثنائية الفرع أو أحادية، كروية، حلزونية. ٦,٨×١٧,٤ ميكرومتر غالباً ٣–٦ وأحياناً ٨/حافظة بيضية. فرع واحد من الإنثريدة يمكن أن يعطي ٤ خيوط أنثريدية والتي تتجمع على الحافظة البيضية، الجرثومة البيضية لا تشغل فراغ الحافظة، ذات جدار أملس، سمكه ١,٥–٢ ميكرومتر، قطرها ١٣–٢٠ ميكرومتر، المتوسط ١٤,٢ ميكرومتر. يصيب جذور القمح وغيره من النجيليات الاقتصادية والحشائش. (شكل رقم ٣–١–٢٢).

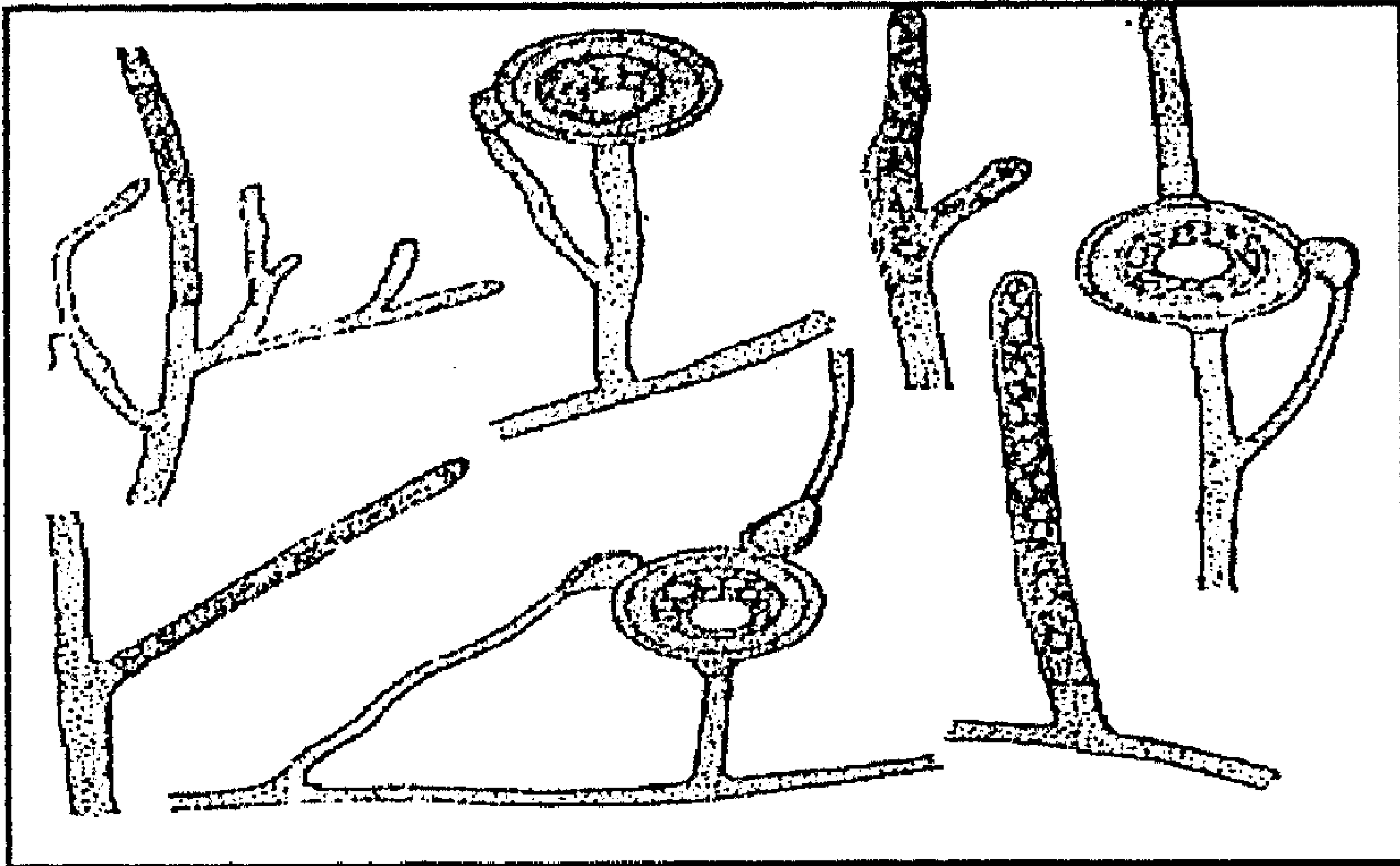


شكل رقم (٣–١–٢٢): النوع *P. aristosporum*

a(1-4) الأوجونيات والإنثريدات.

b(1-3) الإسبورانجيات. c(1-2) عضو الالتصاق.

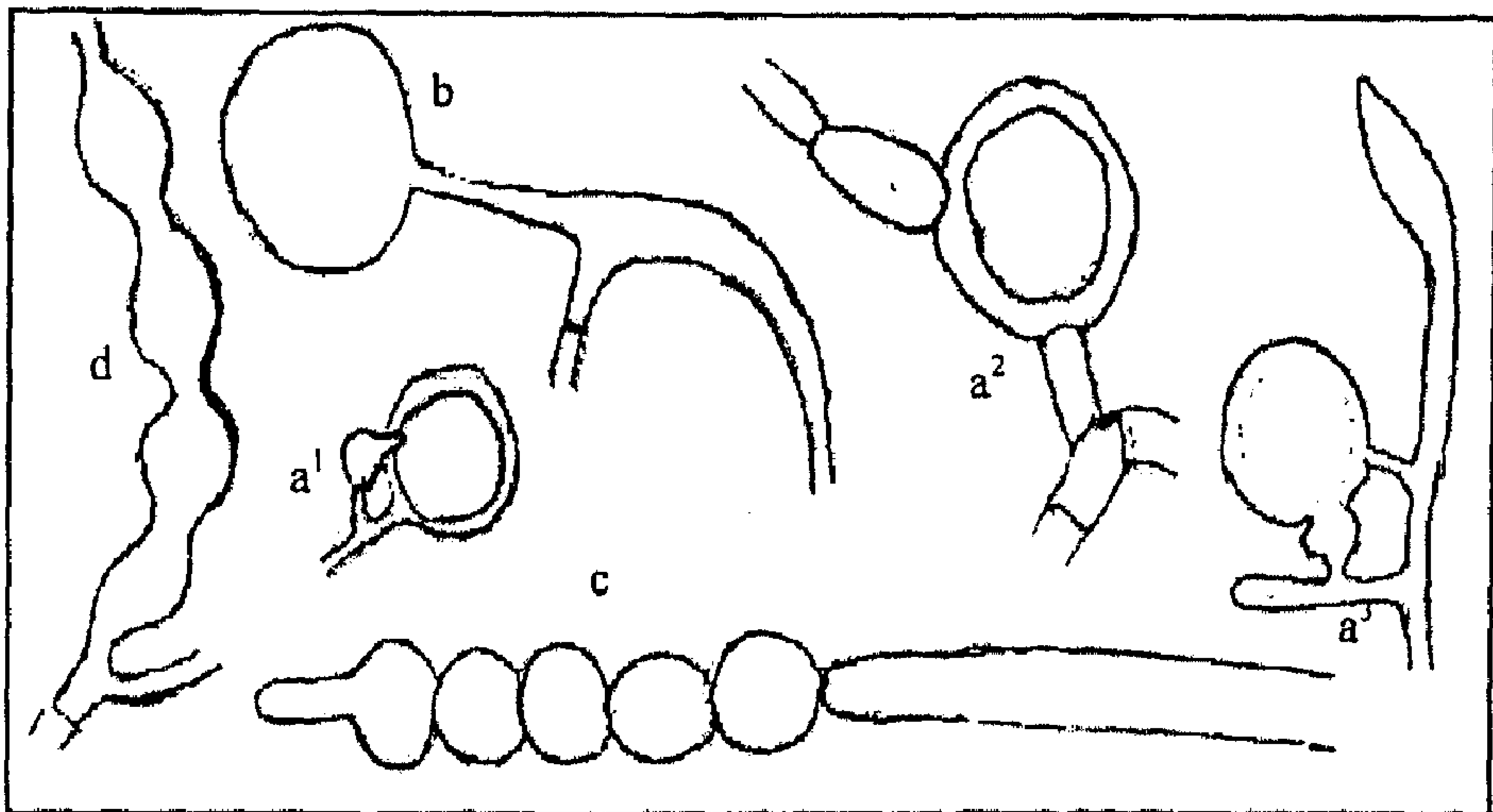
النوع *Pythium monospermum*: المرادف P.gracile, P.complens. يتراوح قطر الهيفا من ١,٦ إلى ٧,٣ ميكرومتر في المتوسط ٢-٥ ميكرومتر، غالباً ذات نتوءات جانبية. الإسبورانجيات خيطية، بسيطة إلى متفرعة ٨٠-١٧٠ ميكرومتر × ٢-٥ ميكرومتر، تنفصل بجدار عرضي. الجراثيم السابحة ليست كثيرة العدد، أحياناً حتى ٦٠ أو أقل، كلوية الشكل ٥,٣-٨,٨ × ٣,٤-٦,٣ ميكرومتر. الحافظة البيضية كروية، ذات جدار رقيق أملس، عادة بينية، وأحياناً طرفية أو تقريباً قمية، ١٤,٢-٢٣,٧ ميكرومتر، في الغالب ١٥,٨-٢١,٩ ميكرومتر في القطر. الإنثريدات بمعدل ١ إلى ٢/حافظة بيضية، وحيدة الوتد أو ثنائية. الخلية الأنثريدية منتفخة أو أسطوانية ذات نتوء خطافي. الجراثيم البيضية وحيدة البيضة تشغل فراغ الحافظة، ذات غلاف طباشيري. يصيب: الشعير *Hordeum vulgare*، *Lepidium sativum* والدخان *Nicotiana tabaccum* والأرز *Oryza sativa* و *Panicum miliaceum* و السبانخ *Spinacia oleracea*. واسع الانتشار في أمريكا، غرب أوربا، الهند، اليابان. شكل رقم (٣-١-٢٣).



شكل رقم (٣-١-٢٣): النوع *Pythium monospermum*

تظهر الحوافظ البيضية، الإنثريدات ومراحل مختلفة في تطور الكيس الإسبورانجي.

النوع *Pythium perniciosum*: سمك الهيفات من ٥ إلى ٩,٥ ميكرومتر، كثيراً ما تعطي أويديات Oidia، الإسبورانجيات خيطية، تشبه الهيفا أو تخرج من هيفا منتفخة الأجسام التكاثرية ١٧,٤–٣٠ ميكرومتر في القطر، كروية في سلاسل وقد تكون ٣–٥ ميكرومتر في المتوسط، تنبت بإعطاء أنبوبة إنبات، الجراثيم السابحة عددها من ٨–١٦ قطرها ٨–١٢ ميكرومتر. الحافظة البيضية كروية ذات جدار أملس رقيق، طرفية، على فرع جانبي قصير ١٨,٩–٣٠ ميكرومتر في القطر، الإنثريدات مفردة نادراً ٢/حافظة بيضية، وحيدة أو ثنائية الفرع، منتفخة، قليلة الانحناء، الجراثيم البيضية مفردة، إهليجية، قطرها ١٨,١–٢٣,٥ ميكرومتر، ولم يشاهد إنباتها ، يصيب أنواع الدخان، كما يصيب *Hibiscus cannabinus, Viola iricolor*. وبالحقن الاصطناعي يصيب *Linum usitatissimum, Lycopersium esculentum, Camelina sativa, Brassica napus*. (شكل رقم ٣–١–٢٤).




شكل رقم (٣–١–٢٤): النوع *Pythium perniclosum*

الاوجونيا $a^1$ مع الأنثريديا. b كيس إسبورانجي.

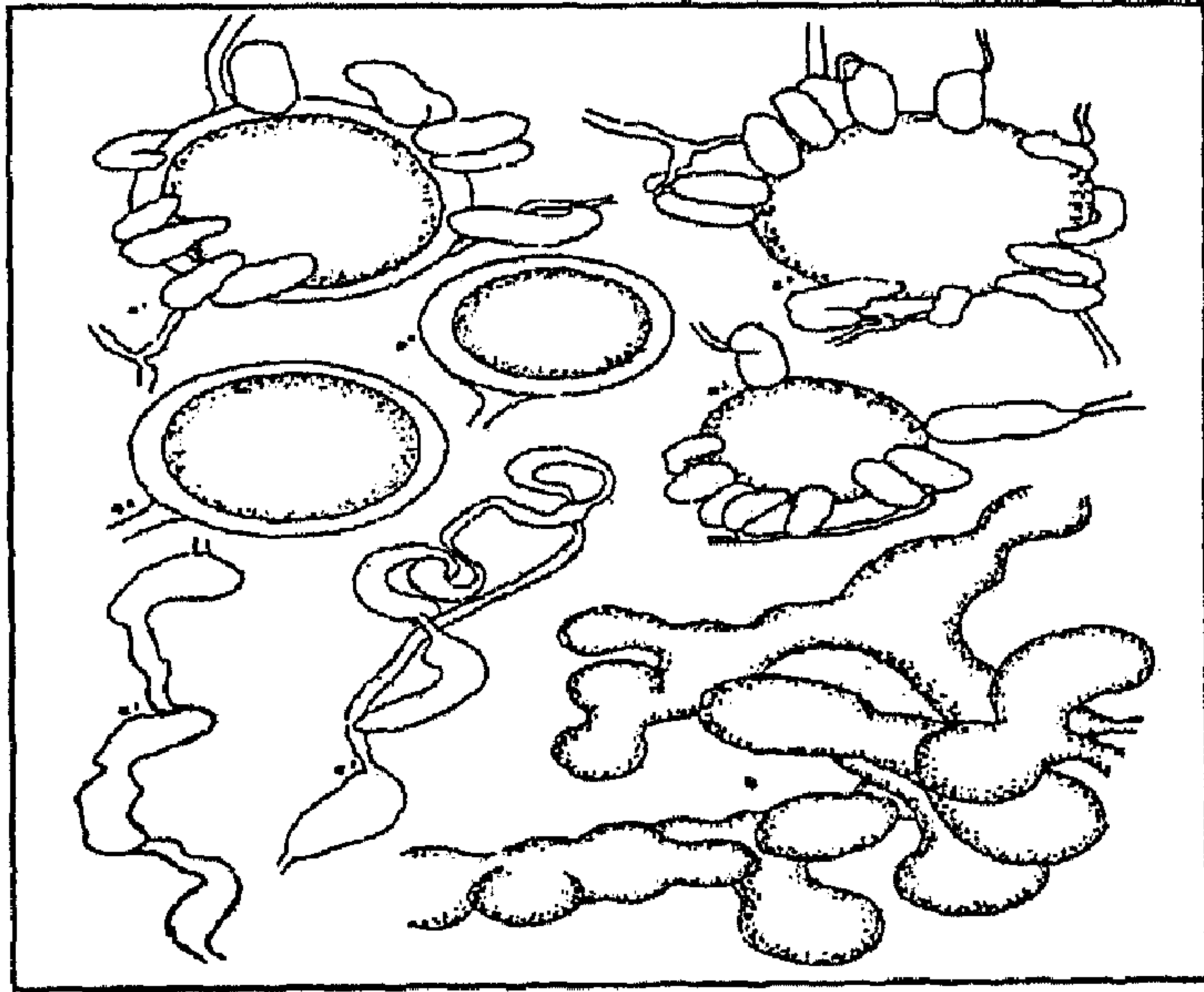
c إنتفاخات هيفية على شكل السلسلة. d جزء مفلطح من الهيفا.

النوع *Pythium gracile*: المرادف *P. diclinum*. قطر الهيفا يتراوح من ١ إلى ٥,٦، في الغالب ٢-٣,٨ ميكرومتر. الأكياس الإسبورانجية خيطية، لا تختلف عن الهيفا الخضرية، بسيطة إلى متفرعة. الجراثيم السابحة من ٢ حتى ٣٠، كلوية، ٦-٨ × ٣-٤ ميكرومتر. تتكون الجراثيم البيضية غالباً داخل الأنسجة النباتية المصابة، كروية إلى بيضاوية ملساء، ذات جدار رقيق، في الغالب قمية أو بينية، قطرها ١٤,٣-٢٧,٦ ميكرومتر. الأنثريدات بمعدل ١ ونادراً ٢/حافظة بيضية، ثنائية الفرع. الجراثيم البيضية وحيدة، لا تشغل فراغ الحافظة قطرها ١١,١-٢١,٣ ميكرومتر، ذات قطرات زيتية تحيط بخلية البيضة. يهاجم الطحالب وكذلك يصيب *Triticom aestivum, Ricinus communis, Gossypium sp., Oryzae sativa*. يكثر انتشاره في غرب أوروبا والسودان وجنوب أفريقيا والهند واليابان وأمريكا الشمالية.

النوع *Pythium arrhenomanes*: ينمو الميلسيوم ما بين وداخل خلايا العائل، قطر الهيفا ٢-٥,٥ ميكرومتر، الإسبورانجيات خيطية، طرفية، عصوية، تبدي نظاماً من التفريعات، سمكها حتى ٢٠ ميكرومتر، الجراثيم السابحة ٢٠-٥٠ أو أكثر في الكيس الواحد، ذات سوطين، قطرها ١٢ ميكرومتر، عند تحوصلها تخرج خلال أنبوبة قطرها ٣-٤ ميكرومتر حتى ٧٥ ميكرومتر في الطول. الحافظة البيضية كروية لحد ما قمية، أحياناً بينية، ذات جدار أملس رقيق، ١٧,٣-٥٦,٣ ميكرومتر قطراً، في المتوسط ١-٣ ميكرومتر. الأنثريدات ثنائية الفرع، عديدة تتكون قمياً، أحياناً من جانب الحافظة البيضية، الخلية الإنثريدية ذات نتوء خطافي ١٢-٢٥ ميكرومتر، تقترب من الحافظة البيضية. الجرثومة البيضية تشغل فراغ الحافظة، ١٥,٥-٥٤,٢ ميكرومتر في المتوسط ٢٨,٢ ميكرومتر ذات جدار سمكه ١,٢-٢ ميكرومتر، ذات حبيبات مخزنة. تصيب الذرة، الشوفان، الراي، السورجم،

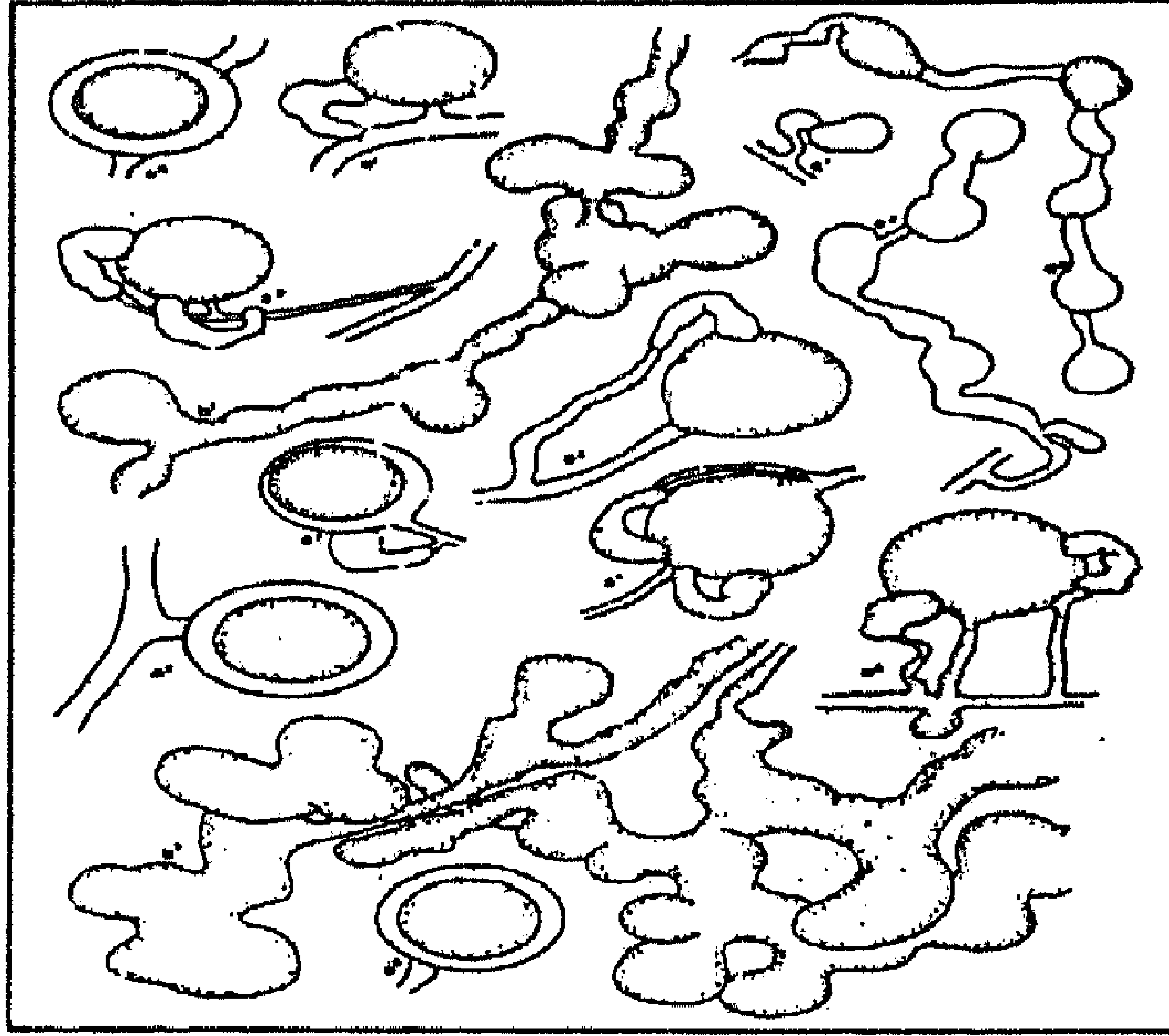
البطاطس، حشيشة السودان، القمح، الفول، ويصيب كثير من الأنواع البرية التابعة للعائلة النجيلية وغيرها. ويسبب الفطر عفناً لحبوب الذرة قبل إنباتها. (شكل رقم ٣-١-٢٥).

النوع *Pythium graminicola*: يشبه لحد قريب النوع *Pythium arrhenomanes*، ويختلف عنه أساساً في أنه يعطي أنثريدات قليلة العدد وحيدة الفرع. (شكل رقم ٣-١-٢٦).



شكل رقم (٣-١-٢٥): النوع *Pythium arrhenomanes*

$a^{1-5}$ الاوجونيا مع الأنثريديا. $a^{4-5}$ يلاحظ الجرثومة البيضية b.plerotic الأكياس الإسبورانجية.



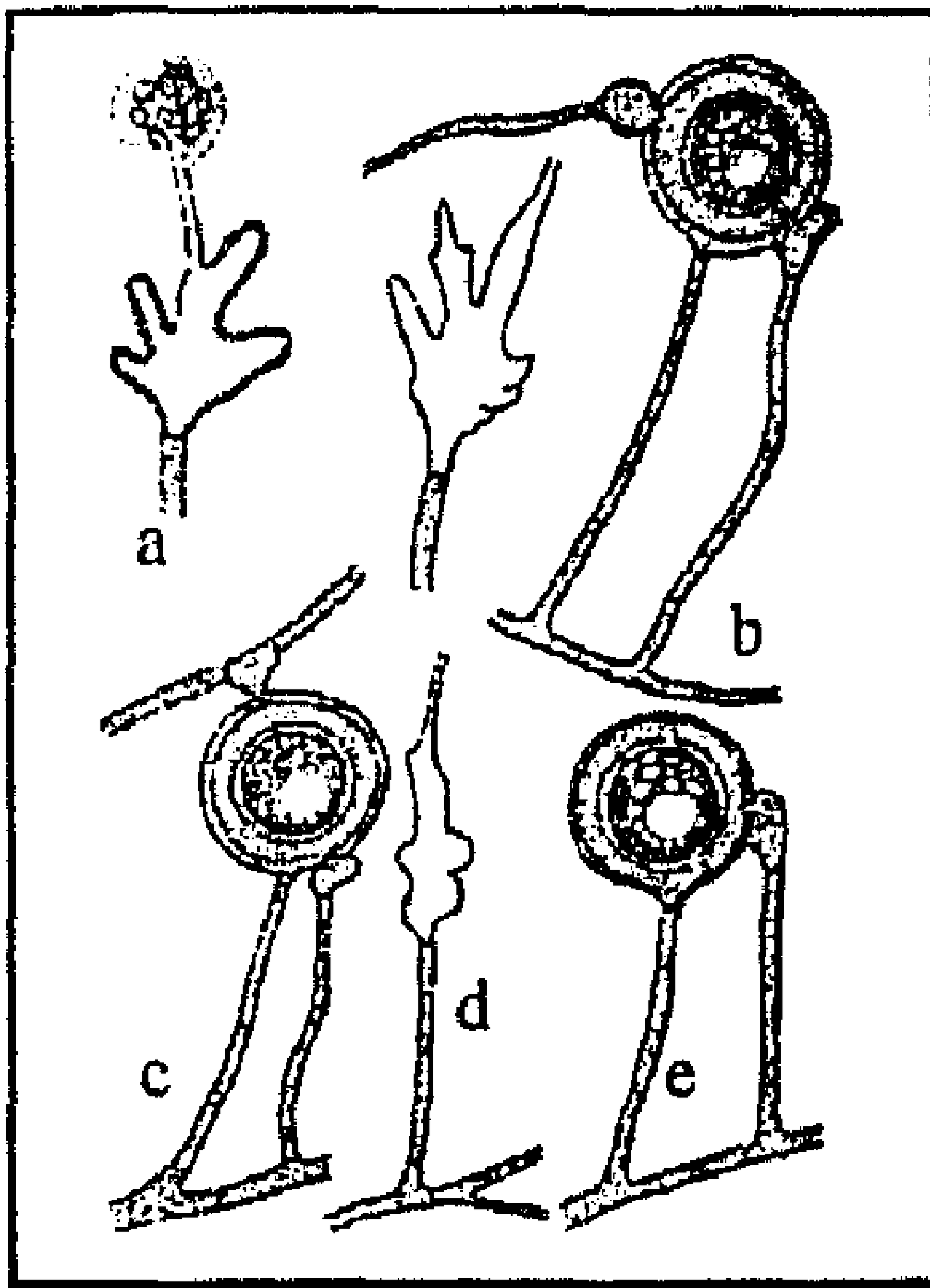
شكل رقم (٣-١-٢٦): النوع *Pythium graminicola*

a[1-9] الاوجونيا بعضها مع الأنثريديا. b[1-2] أكياس إسبورانجية. b[1-2] عضو التصاق.

النوع ***Pythium aphanidermatum***: المرادف *P. butler*. يتراوح قطر الهيفا من ٢,٨-٣ ميكرومتر، في المتوسط ٤-٦ ميكرومتر، عديمة اللون، بدون جدر عرضية (ما عدا تلك التي تفصل الجاميطات)، الإسبورانجيات طرفية خيطية، أحياناً متفرعة، أقل من ٥٠ ميكرومتر أو أطول من ١٠٠٠ ميكرومتر، قطرها ٤-٢٠ ميكرومتر أحياناً تكون معقدة. الجراثيم السابحة كلوية، ذات سوطين جانبيين تقريباً ٧,٥-١٢ ميكرومتر. الحافظة البيضية كروية، قمية، نادراً بينية، قطرها ٢٢-٢٧ ميكرومتر. الأنثريدات عادة وحيدة الفرع، إلا أنها قد تكون ثنائية، في الغالب بينية، أحياناً قمية، بمعدل ١-٢/حافظة بيضية، برميلية أو تشبة القبة، تقريباً كروية إلى أسطوانية أو دبوسية متسعة، غالباً ١٠-١٤ × ٩-١١ميكرومتر، ذات أنبوبة إخصاب واضحة. البويضة تشغل فراغ الحافظة، مفردة، ذات جدار سميك، قطرها ١٧-١٩ ميكرومتر، تنبت بإعطاء أنبوبة إنبات. يصيب *Armoracia rusticana, Balatas edulis, Beta vulgaris, Brassica oleracea v.*

*capitata, Cannabis sativa, Capsicum annuum, Citrullus vulgaris, Cucumis sativus, Cucrbita pepo, Daucus carota, Ficus carica, Gossypium hirsutum, Lepidium sativum, Linum usitatissimum, Lycopersicum esculentum, Malus domestica, Nicotiana tabacum, Phaseolus vulgaris, Raphanus sativus, Ricinus communis, Secale cereale, Solanum melongena, S.tuberosum, Sorghum vulgare, Spinacia oleracea, Viola tricolor, Zea mays, Zinnia sp.*

(شكل رقم ٣-١-٢٧).



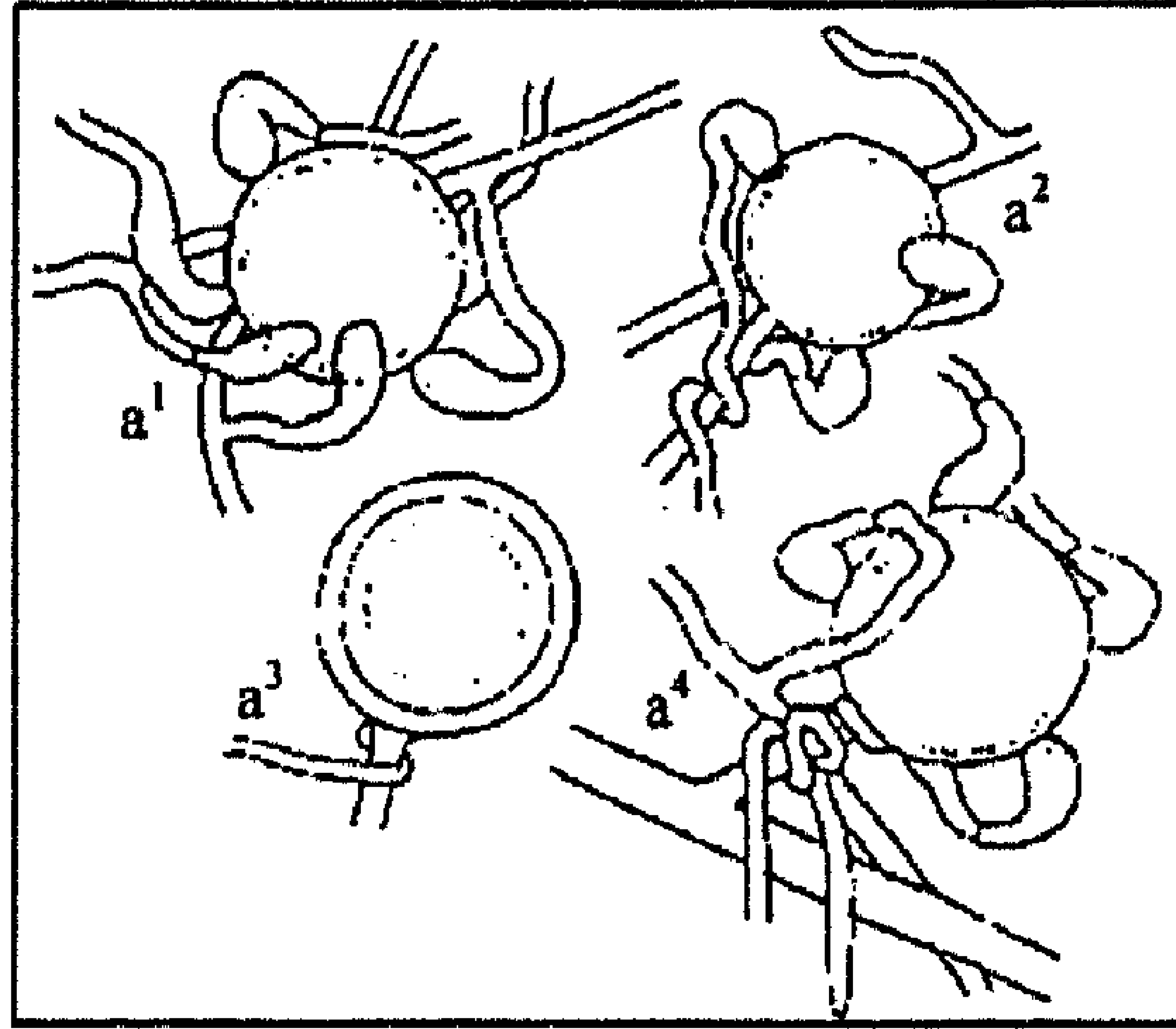

شكل رقم (٣-١-٢٧): النوع *Pythium aphanidermatum*

a) تحرر الجراثيم السابحة.

b,c,d,e) الحوافظ البيضية والأنثريدات وحيدة الوتد.

النوع ***Pythium volutum***: الميسليوم متلألئ، ينمو قطرياً (في المتوسط ١٦مم/٢٤ ساعة على درجة ٢٢م°)، عضو الالتصاق يتركب من خلية مجانبة منجلية ذات نهاية طرفية مستديرة، الإسبورانجيات طرفية – خيطية تتركب من أفرع أصبعية الشكل أو برميلية، تتكون في المزارع المائية فقط ، أنبوبة الإخراج ٥٠ × ٣-٤ ميكرومتر. الجراثيم السابحة ذات سوطين، كلوية متطاولة ١٠-١٤ ميكرومتر. الحافظة البيضية كروية تقريباً، بنية داكنة، قمية (طرفية)، على فرع قصير، نادراً بنية، تتكون بوفرة في المزارع، القطر ١٩,٥-٤٠,٢ ميكرومتر، ٣٠ ميكرومتر في المتوسط، الأنثريدات بمعدل ٣-١٠/حافظة بيضية، نموذجياً ثنائية الوتد، نادراً أحادية الوتد، ذات قدم بسيطة، مستقيمة أو منحنية تتلامس قمياً مع الحافظة البيضية، القدم الأنثريدية تلتف حول قدم الحافظة البيضية في الأوساط السائلة وأحياناً على الأوساط الصلبة. الجراثيم ملساء، كروية، ١٤,٧-٣٦,٤

ميكرومتر المتوسط ٢٧,٧ ميكرومتر، أو متطاولة في المتوسط ٣٦,٩ × ١٩,٢ ميكرومتر. ذات جدار سمكة ٢ ميكرومتر. يصيب *Triticum aestivum, Avena sativa* واسع الانتشار في كندا وأوربا. (شكل رقم ٣-١-٢٨).



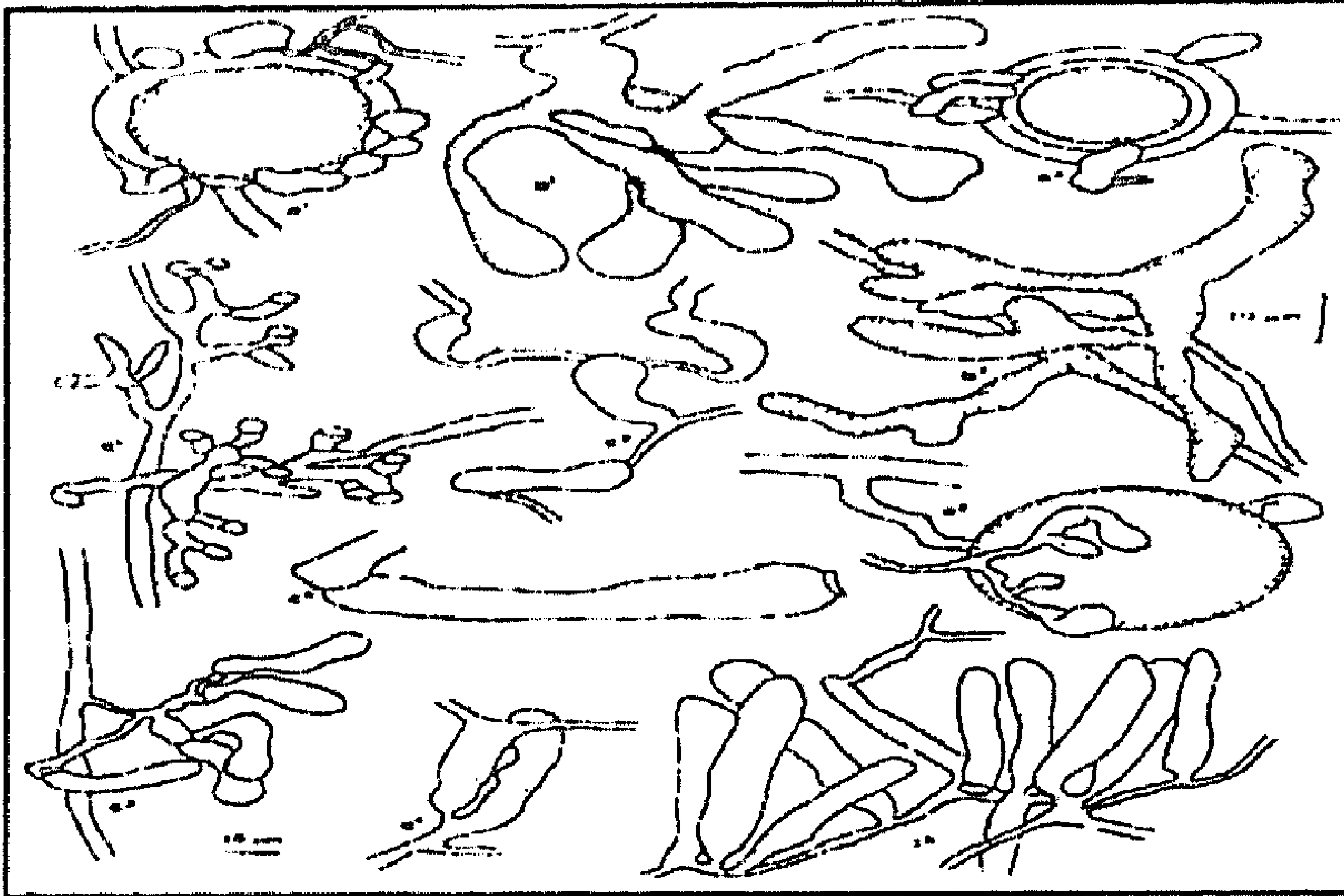

شكل رقم (٣-١-٢٨): النوع *Pythium volutum*

$a^{1-4}$ الاوجونيا والأنثريديا في $a^{2-4}$ الهيفا البيضية ملتفة حول الحامل البيضي.

النوع ***Pythium myriotylum***: قطر الهيفا ٢,٥-٨,٥ ميكرومتر (الهيفا الفتية غالباً ٣-٤ ميكرومتر والبالغة ٧-٨ ميكرومتر) يعطي عدد وافر من عضو الالتصاق الأسطوانيةأو تشبه الرأس، ٧-١١ ميكرومتر في القطر، الإسبورانجيات طرفية أو بينية، أحياناً غير محدودة، بقدر ما تعطي من أفرع خيطية أو إصبعية، ذات أحجام مختلفة، ٨٠-١٧٥ × ١٢ ميكرومتر، ذات أنوية واضحة، تخرج من جزء فرعي أو غير محدد، ١٠٠ × ٢-٣,٥ ميكرومتر. الجراثيم السابحة كلوية، ذات سوطين، ٩-١٦ ميكرومتر، المتوسط ١١ ميكرومتر في القطر. تنبت بإعطاء أنبوبة إنبات. الحوافظ البيضية كروية لحد ما، ذات جدار أملس رقيق، طرفية أو بينية، ١٥-٤٤ ميكرومتر، في المتوسط ٢٦,٥ ميكرومتر في القطر. الأنثريدات نموذجياً ثنائية الوتد، إذا كانت أحادية، فإنها تتكون على

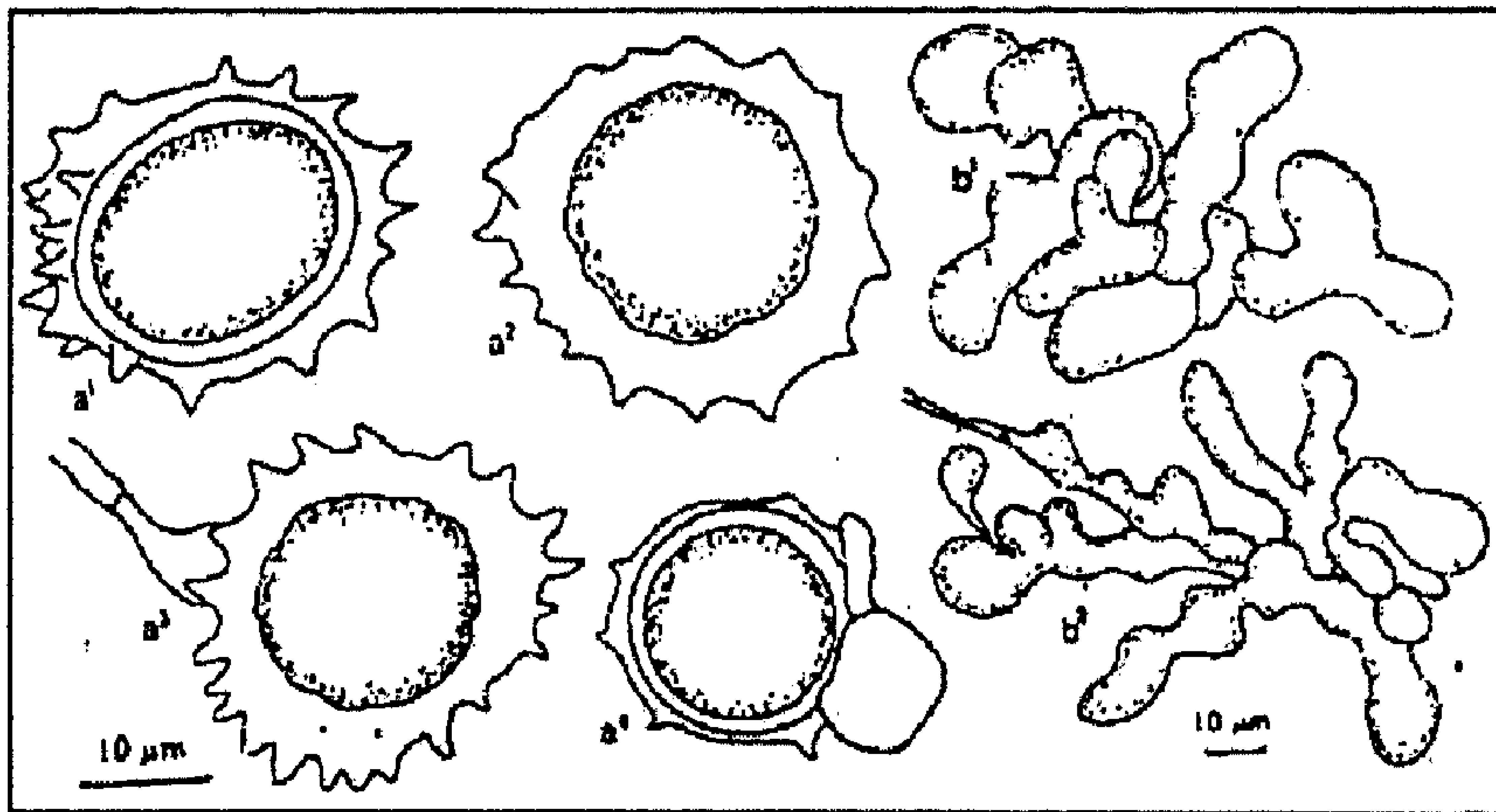
بُعد ١٠٠ ميكرومتر من الحافظة البيضية، بمعدل ١-١٠، غالباً ٣-٦/حافظة بيضية. الخلية الأنثريدية مستعرضة في القمة، إسطوانية، ذات نتوء خطافي ٨-٣٠ × ٤-٨ ميكرومتر. تتلامس مع الحافظة البيضية قمياً. الجراثيم البيضية أهليلجية، ١٢-٣٧ ميكرومتر المتوسط ٢٠,٨ ميكرومتر في القطر، مفردة، ذات جدار سمكه ١-٢ ميكرومتر. تسبب أعفان ثمار الفاصوليا وجذور البقوليات. واسع الانتشار في أمريكا وجنوب أفريقيا والهند وسيريلانكا وأندونسيا. (شكل رقم ٣-١-٢٩).

**النوع** ***Pythium pepriplocum***: الهيفا ١,٥-٩ ميكرومتر في الغالب ١,٨-٤,٢ ميكرومتر في القطر، غير منتظمة، واضحة التفرع. الإسبورانجيات خيطية، طرفية، غالباً بينية، ذات أجزاء إصبعية، ١٠-٣٠ × ٨-٢٠ ميكرومتر، بسيطة أو ذات ٢٠-٤٠ فرع، في أشكال معقدة التركيب تشبه الثمرة. الجراثيم السابحة من غير موجودة إلى كثيرة العدد، كلوية مستعرضة، ذات سوطين جانبيين قطرها ٨-١٦ ميكرومتر عند تحوصلها، الحافظة البيضية كروية لحد ما، ذات غلاف مغطى بأشواك طولها ٢-٤ ميكرومتر، على فرع قصير أو جالسة على قمة مستديرة، بينية أو قمية، قطرها ١٣-٣٢ ميكرومتر (بدون الأشواك)، الإنثريدات ثنائية الوتد بمعدل ١-٤، عادة تخرج من ١-٢/قدم. الخلية الإنثريدية أحياناً أسطوانية، في الغالب متطاولة، ١٥-٣٠ ميكرومتر ذات أصابع ٥-١٠ × ٥-٨ ميكرومتر في القطر. الإنثريدات والجزء المحيطي من القدم الإنثريدية تشتبك بصورة معقدة مع الحافظة البيضية. الجرثومة البيضية إهليجية، مفردة كروية ذات جدار أملس، سمكة ٠,٧-١,٩ ميكرومتر، القطر ١١,٥-١٧ ميكرومتر ذات مواد مخزنة. يصيب البطيخ، الشمام والقطن. واسع الانتشار في أمريكا والسودان. (شكل رقم ٣-١-٣٠).



شكل رقم (٣-١-٢٩) : النوع *Pythium myriotylum*

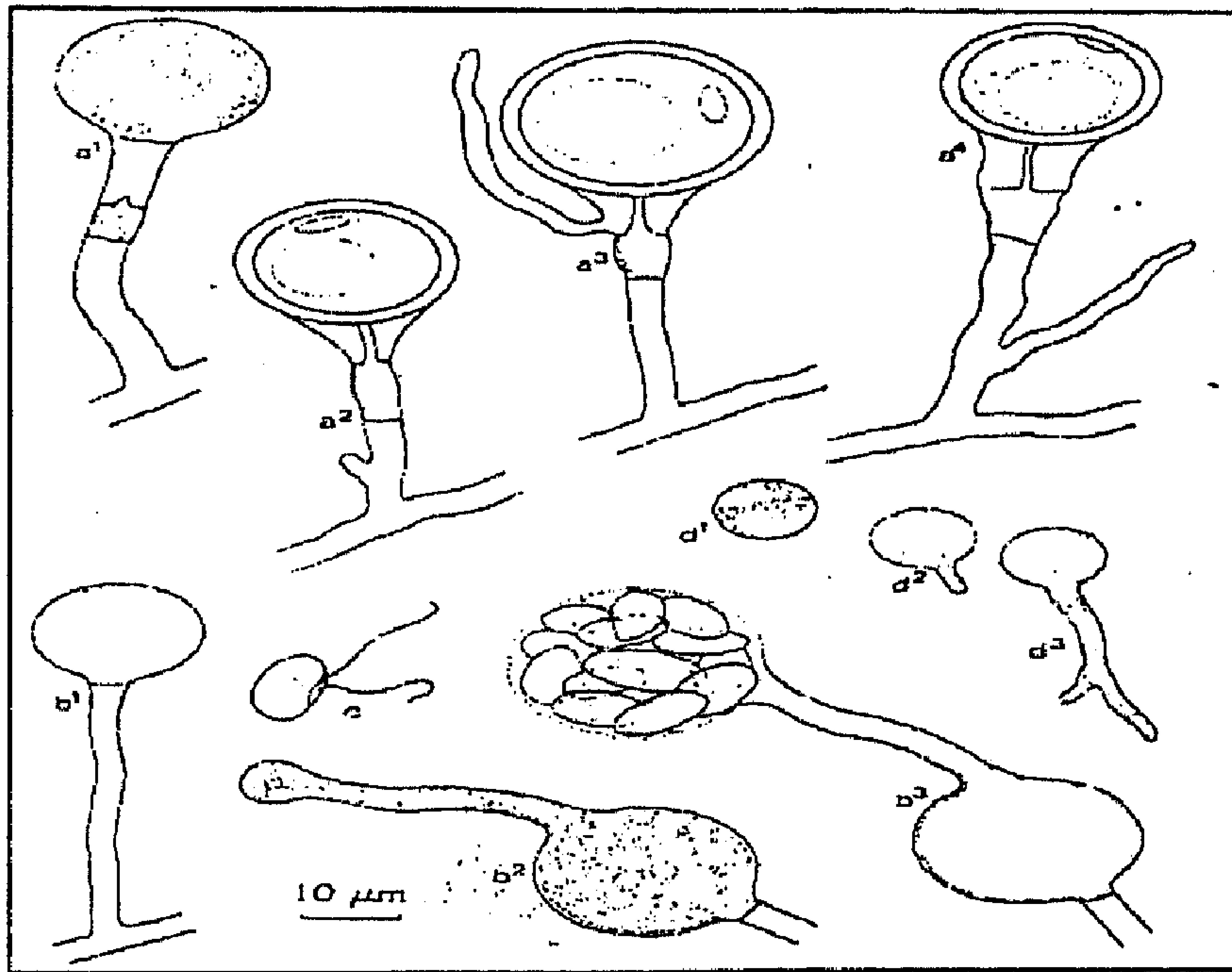
$a^{1-3}$ الاوجونيا والأنثريديا. $b^{1-2}$ أكياس إسبورانجية خيطية ضعيفة التفلطح. $c^{1-6}$ عضو التصاق. $c^{1-5}$ تكبير صغير. $c^{1}$ كما يرى من قاع الطبق. $c^{1}$ يوضح نقطة الالتصاق من الجنب.




شكل رقم (٣-١-٣٠) : النوع *Pythium pepriplocum*

$a^{1-4}$ الاوجونيا. $b^{1-2}$ الأكياس الإسبورانجية.

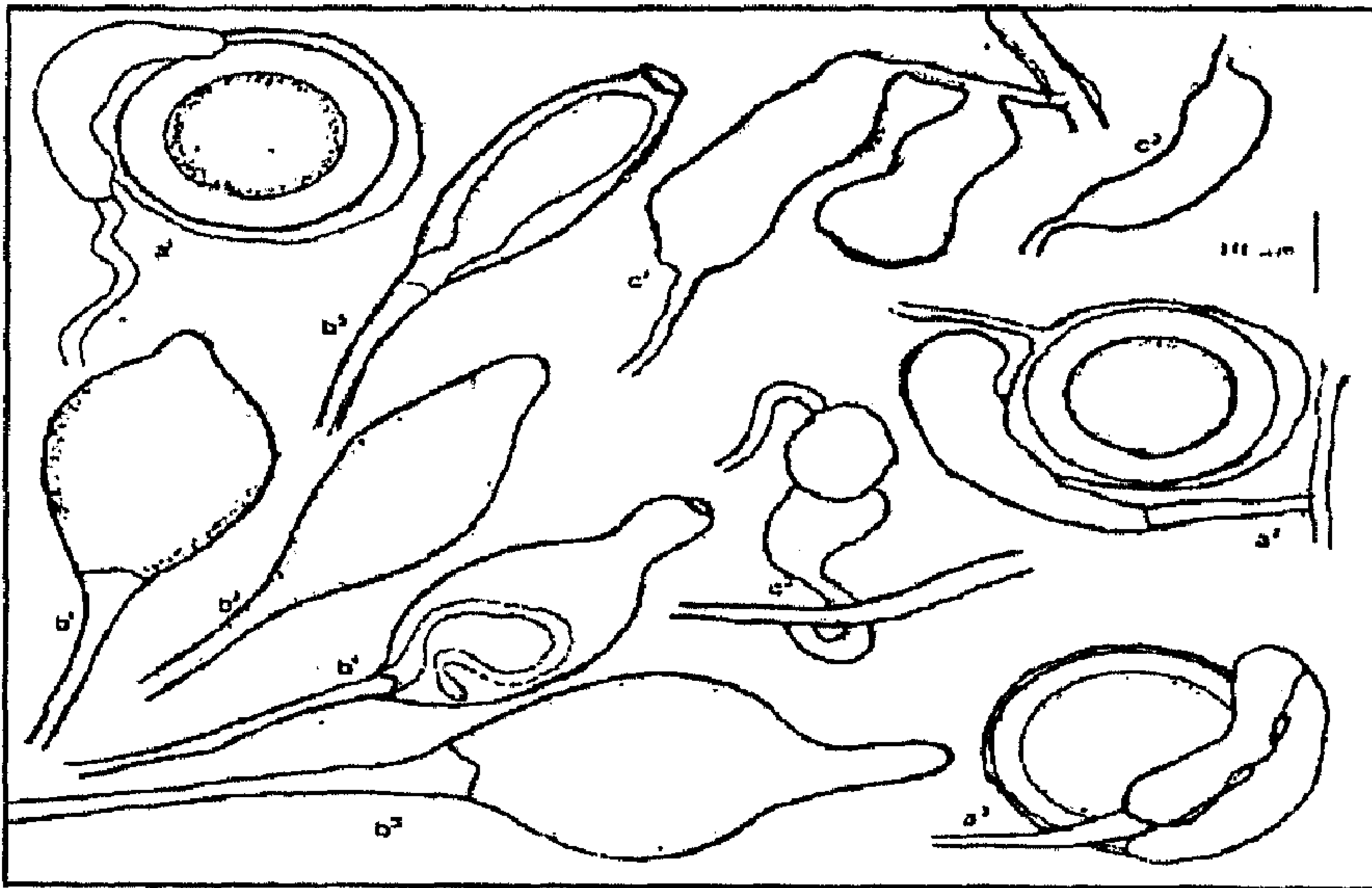
النوع *Pythium hypogynum*: الهيفا الفتية غير مقسمة والبالغة مقسمة بدون نظام، السمك ١,٥-٨,٣ ميكرومتر في المتوسط ٥,١ ميكرومتر. الإسبورانجيات طرفية، نادراً بينية، كروية لحد ما، ذات جدار أملس، ٦,٥-٣٤,٦ ميكرومتر في القطر، المتوسط ٢٢,١ ميكرومتر، تنبت بإعطاء أنبوبة إنبات أو جراثيم سابحة. الحوافظ البيضية طرفية. كروية لحد ما ذات جدار رقيق أملس، ١٠,٢-٣٥,١ ميكرومتر، المتوسط ٢٢ ميكرومتر في القطر. الإنثريدات أسفل الحوافظ البيضية بسيطة، الخلية الإنثريدية صغيرة، ٣-١١,١ × ٢,٨-٨,٣ ميكرومتر المتوسط ٦,٦ × ٥,٤ ميكرومتر، ذات أنبوبة إخصاب دقيقة. البويضة تشغل فراغ الحافظة، ملساء، ذات غلاف مفرد. يصيب *Avena sativa, Hordeum vulgare, Triticum aestivum*. (شكل رقم ٣-١-٣١).




شكل رقم (٣-١-٣١): النوع *Pythium hypogynum*

$a^{1-4}$ الاوجونيا مع الإنثريدة التحت أنثوية. $b^{1-3}$ أكياس إسبورانجية. $b^{2-3}$ تكوين أنبوبة إطلاق الجراثيم والحوصلة. $d^{1-3}$ إنبات الجرثومة المتحوصلة.

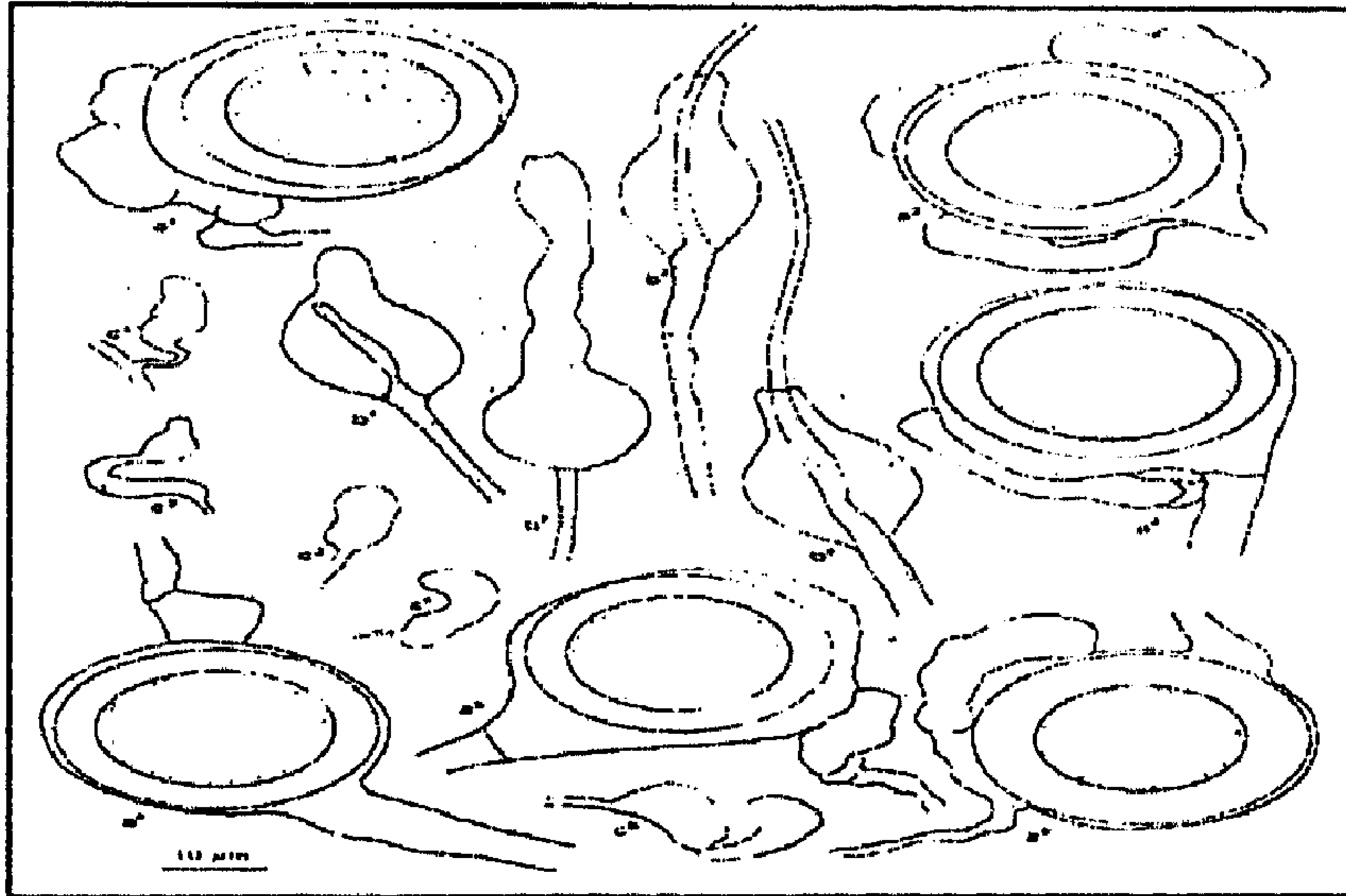
النوع *Pythium helicoides*: قطر الهيفا ٤-٩ ميكرومتر ذات عضو إلتصاق يصل إلى ٦-٨ ميكرومتر في القمة، الإسبورانجيات بيضية مقلوبة، أحياناً كروية تقريباً ذات حلمة طرفية، على هيفا طويلة، أحياناً توجد في عناقيد، ١٧-٤٥ × ٩-٤٠ ميكرومتر. الجراثيم السابحة من ٢ إلى ٤٠، تنبت مباشرة، كروية ذات سوطين جانبين، ١٠-١٥ ميكرومتر في القطر عندما تتحوصل. الحوافظ البيضية غالباً كروية، ملساء، قمية، أحياناً جانبية، جالسة، ٢٠-٢٦ ميكرومتر. الإنثريدات ثنائية الوتد، بمعدل ١-٤ أحياناً ٢/حافظة بيضية، ٢٠-٤٢ × ٦-٩ ميكرومتر. يلتف جزء من الفرع الوتدي من ٢ إلى ٤ مرات حول قدم الحافظة البيضية. الجرثومة البيضية تشغل فراغ الحافظة ٢١-٣٢ ميكرومتر، ذات جدار سميك، حوالي ٢,٥-٣,٢ ميكرومتر في العرض ذات ٦-٢٠ كرات مخزنة، تصيب *Phaseolus vulgaris, Citrullus vulgaris, Pisum sativum, Spinacia oleracea*. (شكل رقم ٣-١-٣٢).



شكل رقم (٣-١-٣٢): النوع *Pythium heliceides*

$a^{1-3}$ اوجونيا وإنثريديا. $b^{1-5}$ أكياس إسبورانجية متطاولة.

النوع *Pythium oedochilum*: قطر الهيفا ١,٨-٦,٥ ميكرومتر ذات عضو التصاق قليلة العدد، متنوعة، أسطوانية تصل إلى ٥-٧ ميكرومتر في القطر. الإسبورانجيات بيضاوية إلى بيضاوية مقلوبة، أو نصف كروية، نموذجياً طرفية، ٢٥-٤٨ × ١٧-٤٢ ميكرومتر، أحياناً جانبية، نادراً بينية، ملساء، ذات حلمة طرفية، الطول حتى ٦,١٨ ميكرومتر. الجراثيم السابحة حتى ١٠-٣٥، تنبت مباشرة، كلوية الشكل، ذات أسواط جانبية، قطرها ١١-١٥ ميكرومتر عندما تتحوصل. الحوافظ البيضية تقريباً كروية، غالباً ما تلتصق بغلاف الإنثريدة، قمية، أحياناً بينية أو جانبية جالسة، ١٩-٣٩ ميكرومتر، ملساء. الإنثريدات غالباً ثنائية الوتد، وإذا كانت وحيدة الوتد، فإنها تخرج على بعد ٢٠ ميكرومتر من الحافظة البيضية بمعدل ١-٤، غالباً ١-٢/ حافظة بيضية، أسطوانية متطاولة منحنية، الخلية الإنثريدية متموجة. الجراثيم البيضية إهليلجية ١٦-٣٤ ميكرومتر، ذات جدار سميك أملس، ١,٣-٣,٦ ميكرومتر في السمك ذات ٥-٢٠ قطرة مخزنة. يصيب هذا النوع البطيخ *Citrullus vulgaris* والداليا *Dahlia sp.* (شكل رقم ٣-١-٣٣).

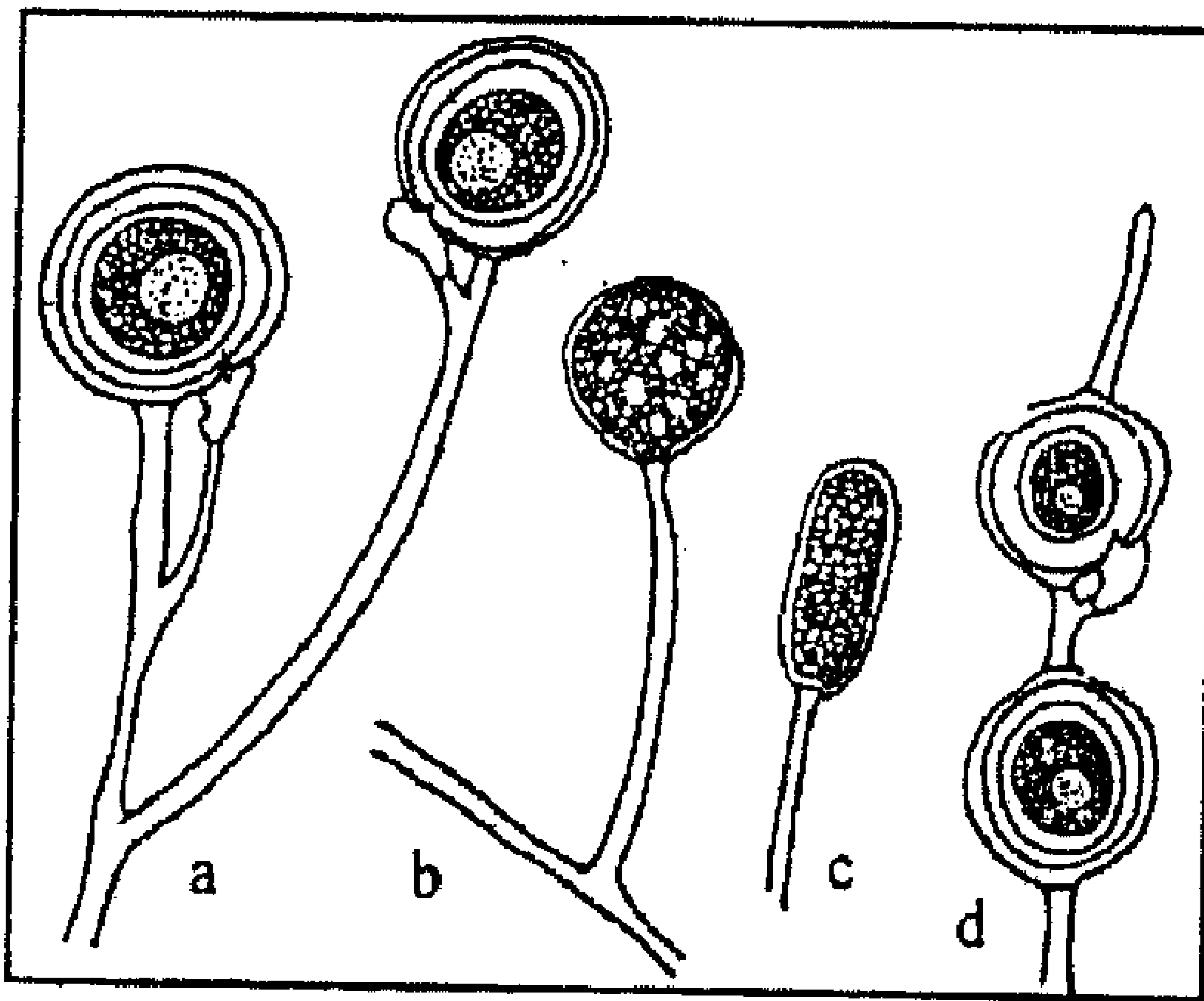


شكل رقم (٣-١-٣٣): النوع *Pythium oedochilum*

$a^{1-6}$ الاوجونيا والأنثريديا. $b^{1-4}$ الأكياس الإسبورانجية ذات الإثمار الداخلي. $c^{1-5}$ عضو التصاق.



النـوع *Pythium pulchrum*: قطـر الهيفـا يـتراوح مـن ١,٥–٧,٥ ميكـرومتر. الإسبورانجيات كروية، إهليلجيـة أو كمثريـة، قميـة أو بينيـة، ٢٤–٤٨ ميكـرومتر المتوسـط ٣٨,٢ في القطر، أحياناً ٢–٤ في سلسـلة. الجـراثيم السـابحة مـن قليلـة العـدد حتـى ٣٠ أو أكثر، تتكون في فرع يخرج من خلال أنبوبة إخراج، كلوية، ذات سوطين جانبين، ١١–١٦ ميكرومتر في القطر عند التحوصل. الحوافظ البيضية متباينية الأشكال قمية أو بينية، تتكـون في ٢–٥ معـاً. القطـر ١٩,٦–٣٧,٨ ميكـرومتر المتوسـط ٢٨,٣ ميكـرومتر. الإنثريـدات سـفلية التكوين. تتشكل الحافظة البيضية بمعدل ١–٢/ حافظة بيضية، إذا كان الأنثريـديوم وحيـد الوتد، فتكون جالسة أو على فرع قصـير، ومباشـرة أسـفل الحافظـة البيضـية، تنفصـل عـن القاعـدة بجـدار عرضـي. الحلمـة الإنثريديـة منحنيـة، أسـطوانية عنـدما تلامـس الحافظـة البيضية، الجراثيم البيضـية إهليليجيـة، مفـردة، ١٣,٨–٣١,١ ميكـرومتر في القطـر المتوسـط ٢٤,٦ ميكـرومتر. ذات جـدار سميـك، ذات قطـرة واحـدة مخزنـة. يصـيب *Antirhinum mayus, Callistephus chinensis, Medicago sativa, Phaseolus vulgaris, Pisum sativum, Zea mays*. (شكل رقم ٣–١–٣٤).



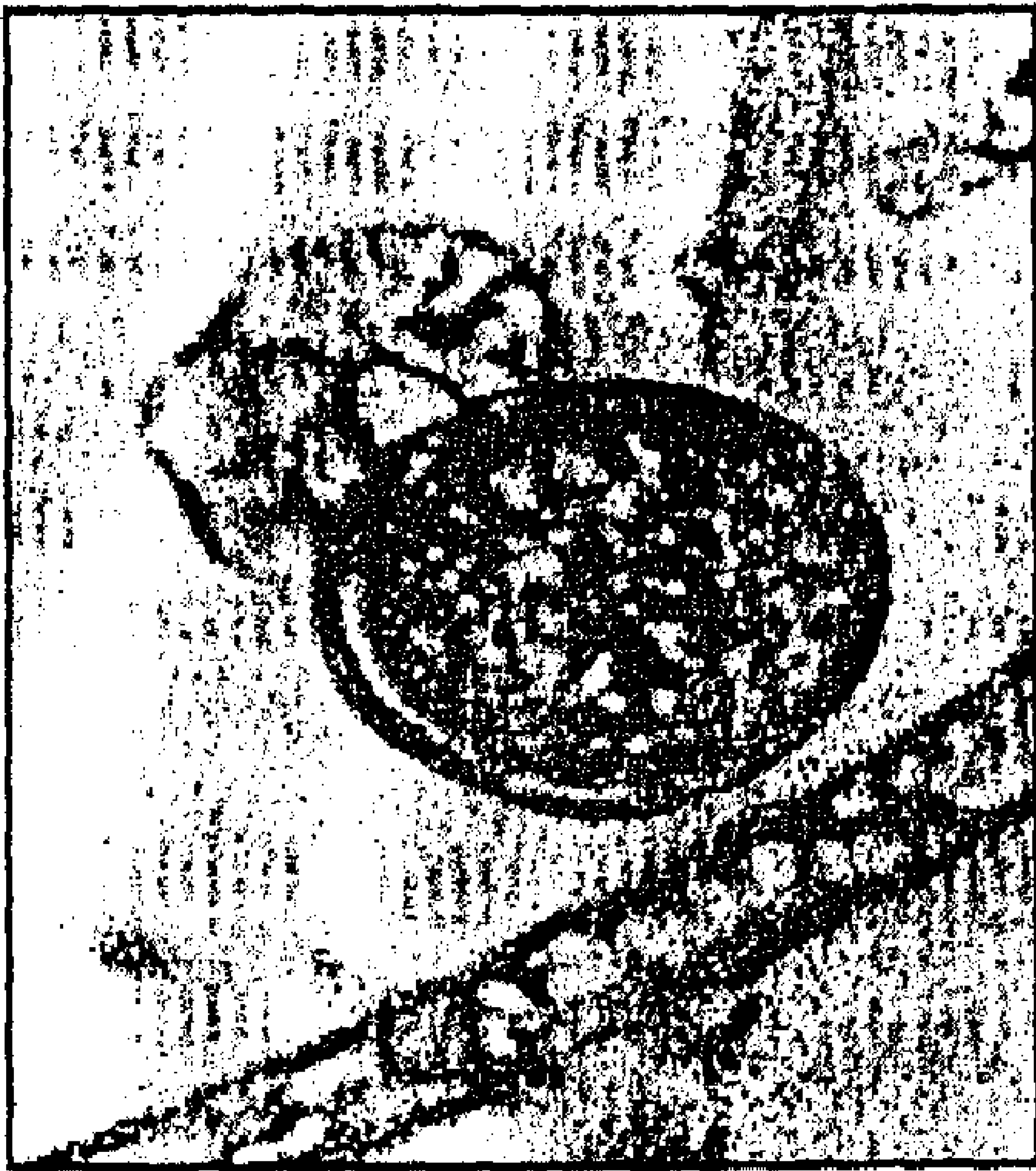

شكل رقم (٣–١–٣٤): النوع *Pythium pulchrum*

a,d). الحوافظ البيضية والأنثريدات.

b) كيس إسبورانجي حديث التكوين.

c) استطالة الكيس الإسبورانجي بعد النضج.

النوع *Pythium ultimum*: المرادف *P. debaryanum*. الميلسيوم جيد النمو على الأوساط الغذائية، الفرع ١,٧–٦,٥ ميكرومتر المتوسط ٣,٨ ميكرومتر، ذات جدر عرضية في المزارع القديمة. الإسبورانجيات غالباً طرفية،كروية ١٢–٢٨ ميكرومتر المتوسط ٢٠ ميكرومتر في القطر، تنبت بإعطاء أنابيب إنبات فقط. الحافظة البيضية ملساء، قمية، كروية، نادراً بينية، ١٩,٦–٢٢,٩ ميكرومتر المتوسط ٢٠,٦ ميكرومتر في القطر. الإنثريدات بمعدل ١/ حافظة بيضية. الجرثومة البيضية إهليلجية، مفردة، كروية، ١٤,٧–١٨,٣ ميكرومتر المتوسط ١٦,٣ ميكرومتر، ذات جدار سميك أملس ذات بيضة تشغل فراغ الحافظة محاطة ببروتوبلازم محبب. يصيب *Avena sativa, Hordeuin vulgaris, Secale cereale, Pahicum miliaceum, Triticum aestivum, Sorghum vulgare, Zea mays, Tr. durum* وعلى كثير من محاصيل الحبوب. (شكل رقم ٣–١–٣٥).



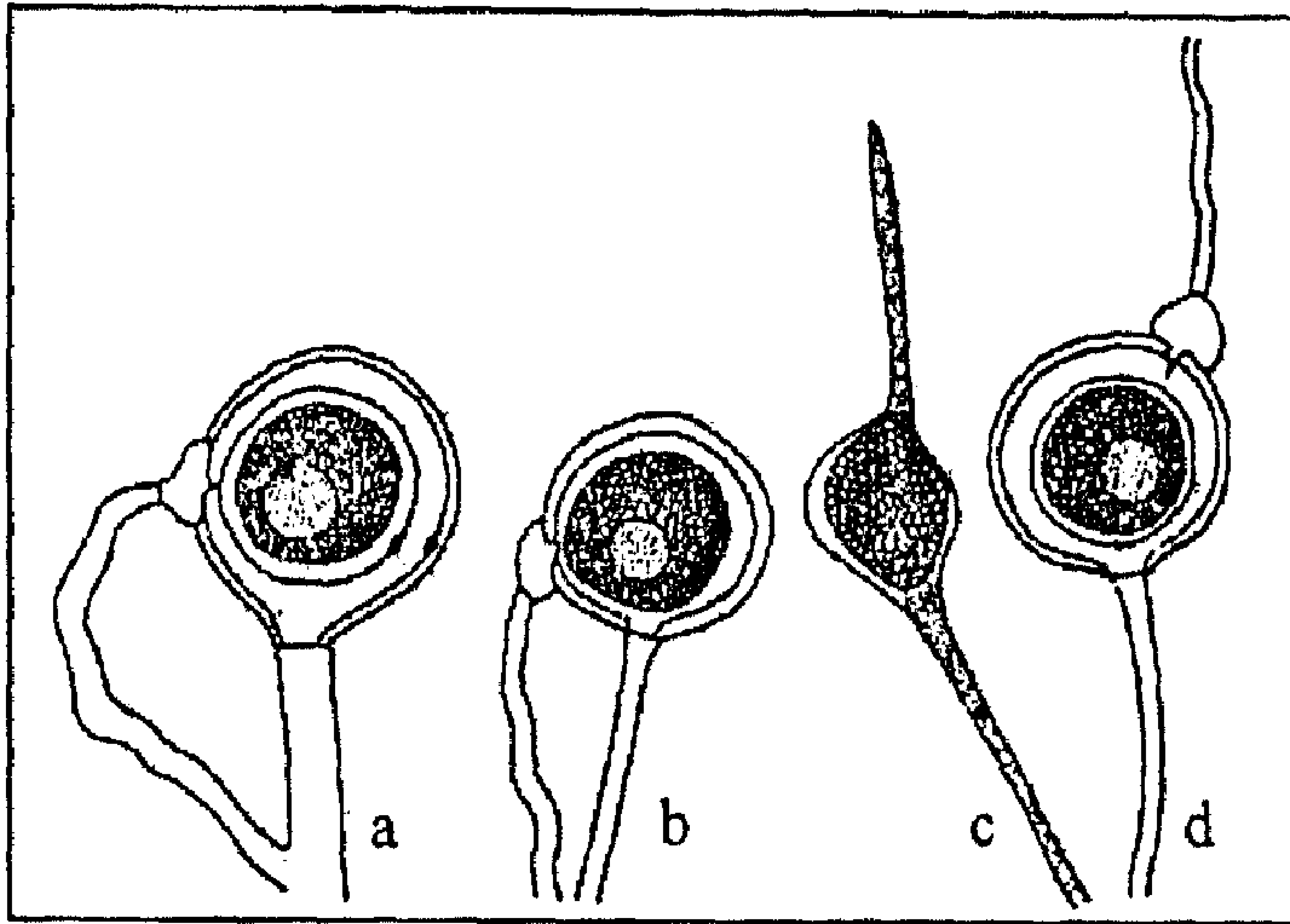
شكل رقم (٣–١–٣٥): النوع *Pythium ultimum*
الحوافظ البيضية والإنثريدة.

النوع *Pythium splendens*: الهيفا يتراوح قطرها من ٣,٥ إلى ٩,٢ ميكرومتر المتوسط ٦,٤ ميكرومتر، أحياناً ذو عضو التصاق مخلبي. الإسبورانجيات كروية، طرفية، ذات جدار رقيق أملس، يتراوح القطر من ٢١,٧ إلى ٤٨,٩ ميكرومتر المتوسط ٣٦,٢

ميكرومتر. عادة داكنة اللون، على أغلب الأوساط ذات ١-٢ أجسام لامعة، نادراً ما يتكون جراثيم سابحة، تنبت الأكياس بإعطاء ١-٦ أنابيب إنبات. الحافظة البيضية كروية، طرفية، ذات جدار أملس رقيق. الإنثريدات أحادية أو ثنائية الوتد، بمعدل ١-٨/ حافظة بيضية، دبوسية أو مخلبية، ذات نتوء عندما تلامس الحافظة البيضية. الجرثومة البيضية لا تشغل فراغ الحافظة، ٢١,٣-٢٩,٨ ميكرومتر المتوسط ٢٦,٦ ميكرومتر في القطر ذات جدار سميك. يصيب *Crysanthemum sp., Cucumis sativus, Helianthus annus, Hordeum vulgare, Linum usitatissimum, Medicago sativa, Nicotiana tabacum, Phaseolus aureus, Raphanus sativus, Vicia faba, Ph. vulgaris, Trititicum aestivum, Vigna sinensis, Beta edulis*.

النوع ***Pythium vexans***: المرادفات *P. piperinum*, *P. complectens*.

الميليسوم دقيق متفرع، ذات هيفات هوائية، الإسبورانجيات طرفية أو بينية، كمثرية إلى كروية، ١٤-١٧ ميكرومتر متوسط ٢١ ميكرومتر في القطر تنبت عادة بأنبوبة إنبات ونادراً بإعطاء جراثيم سابحة. الحافظة البيضية كروية، ملساء، عادة قمية، على تفرعات جانبية قصيرة، ١٥-٢٨ ميكرومتر، المتوسط ٢٢ ميكرومتر في القطر. الإنثريدات بمعدل ١/حافظة بيضية، نادراً وحيدة الوتد. الجراثيم البيضية لا تشغل فراغ الحافظة، ملساء، قطرها ١٩ ميكرومتر، تنبت بإعطاء أنبوبة إنبات أو جراثيم سابحة. يصيب درنات البطاطس *Solanum tuberosum*، كما يصيب *Avena sativa, Antirrhinum majus, Dianthus caryophyllus, Delphinium ajacis, Linum usitatissimum, Matthiola incana, Lupinus albus, Niotiana tabacum, Medicago sativa, Ricinus communis*. (شكل رقم ٣-١-٣٦).




شكل رقم (٣-١-٣٦): النوع *Pythium vexans*

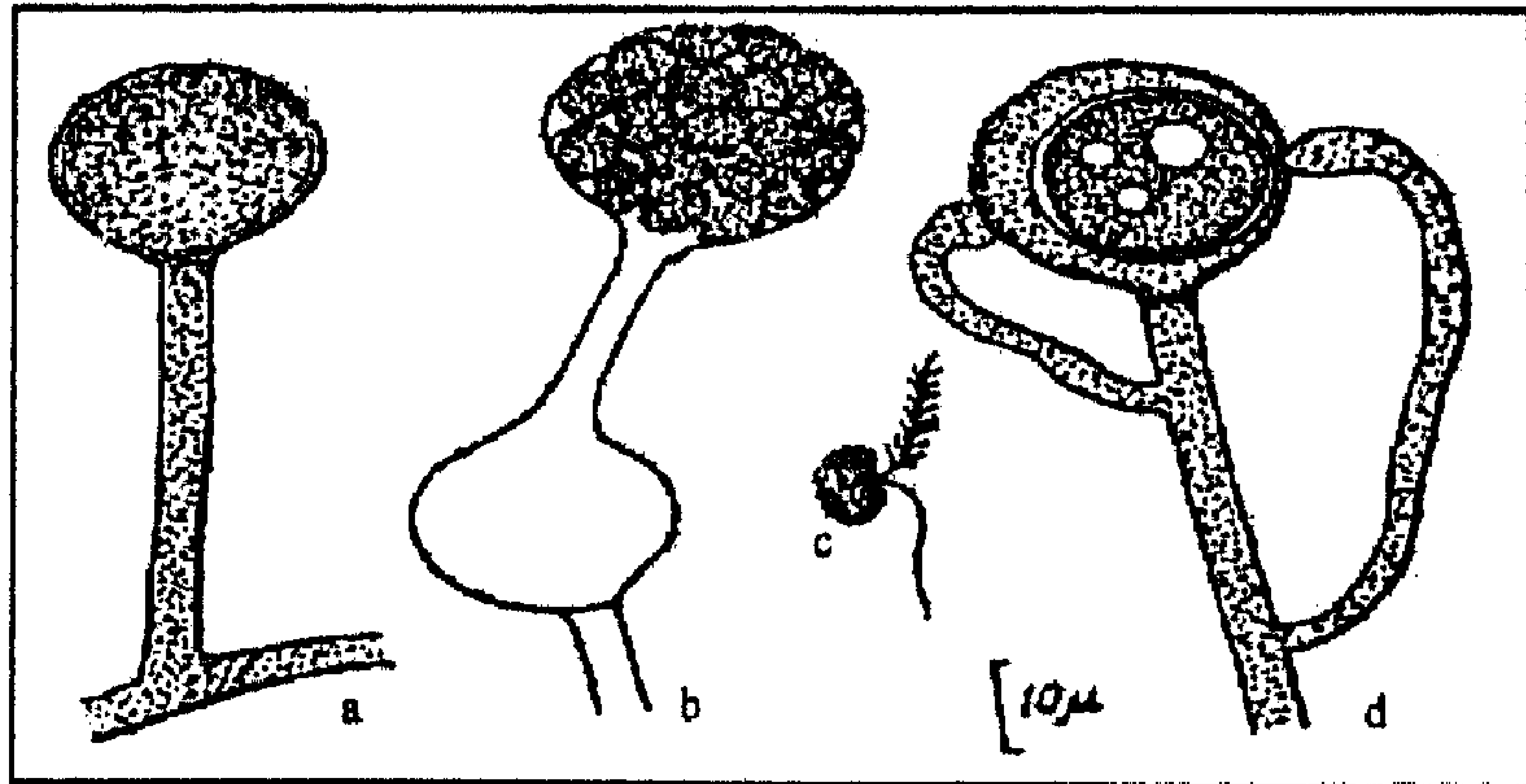
a,b,d) الحوافظ البيضية والأنثريدات.

c) إنبات الكيس الإسبورانجي (الكونيديا).

النـوع *Pythium debaryanum*: الهيفـات شـديدة التفـرع، ٥٠ ميكـرومتر في القطر، في المـزارع القديمـة الميلسـيوم مقسـم، الإسـبورانجيات كرويـة إلى بيضـية، طرفيـة أو بينية، قطرها ١٥-٢٦ ميكـرومتر المتوسـط ١٩ ميكـرومتر، تنبـت بأنبوبـة إنبـات أو بإعطـاء جراثيم سابحة، الحافظة البيضية ملساء، طرفية أو بينية، عادة كروية، ١٥-٢٨ ميكـرومتر في المتوسط ٢١ ميكرومتر في القطر. الإنثريدات من ١ إلى ٦/ حافظـة بيضـية وحيـدة الوتـد أو ثنائية، تتكون علـى مسـافة مـا أسـفل الحافظـة البيضـية ولكنهـا ليسـت أسـفلها مباشـرة. الجراثيم البيضية ملساء، غير مركزية البيضية، ١٢-٢٠ ميكرومتر المتوسط ١٠ ميمكـرومتر في القطر، تنبت بإعطاء أنبوبة إنبـات. وقـد شـكك Vender Plaats-Iviterink في أن الوصـف الذي أوضحه Hesse يؤكد أن مزرعة هذا الفطر لم تكـن نقيـة، إنمـا هـي خلـيط مـن النـوع *P. intermedium* وأنـواع أخـرى. فالأكيـاس الإسـبورانجية سـريعة التسـاقط وسلاسـل



إنتفاخـات هيفاتـه تؤكـد إنتمـاؤه للنـوع *P. intermedium*. وبـذلك، فهنـاك شـك حـول وجـود النـوع *P. debaryanum*. يصـيب *Antirrhinum majus, Apium graveoleus, Aquilegia vulganis, Atropa belladonna, Avena sative, Batata edulis, Beta vulgaris, Brassica oleracea, Br. rapa, Comelia sativa, Comnabis sativa, Capsicum anuuum, Carthamus tinctorius, Celesia cristata, Chrysanthemum sp, Cichorium endivia, Citrullus vulgaris, Coriandrum sativum, Cucmis sativum, Cucurbita pepo, C.maxima, Dalia sp., Daucus carota, Diauthus caryophyllus, Fragaria, Glycine, Hedera helix, Hibiscus esculentus, Hordeum distichum, H.vulgare, Impatiens basamina, Lactuca sativa, Lens esculenta, Lepidium sativum, Linum usitatissinum, Lupinus angustifolius, Lpolyphyllus, Lycopersicum esculentum, Medicago sativa, Nicotiana rustica, Ntabacum, Oryza sativa, Panicum miliaceum, Phaseolus vulgaris, Pinus strobus, Pirus communis, Pisum arvense, P.sativum, Raphanus sativus, Ricinus communis, Satweja hortensis, Secale cereale, Setaria italica, Solanum melongena, S.tuberosum, Sorghum vulgare, S.sudanense, Spinacia oleracea, Trifolium pretense, Trigonella foenumgraecum, Tulipa gesneriana, Vicia faba, Vitis vinifera, Zea mays*. (شكل رقم ٣-١-٣٧).




شكل رقم (٣-١-٣٧): النوع *Pythium debaryanum*

a) كيس إسبورانجي حديث التكوين.

b) إنبات الكيس الإسـبورانجي وتمايز الجراثيم داخل فقاعة..

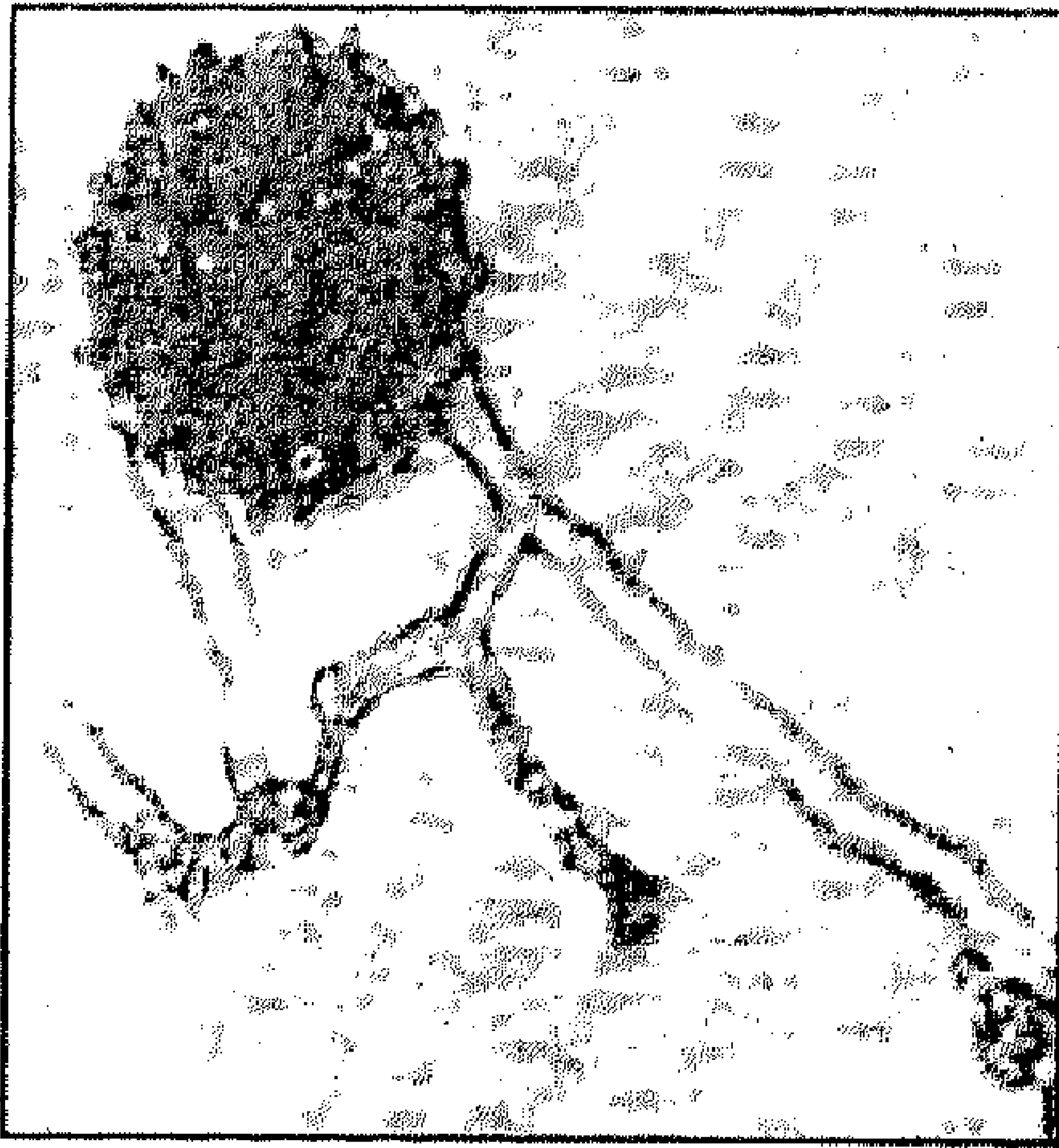
c) جرثومة سابحة.

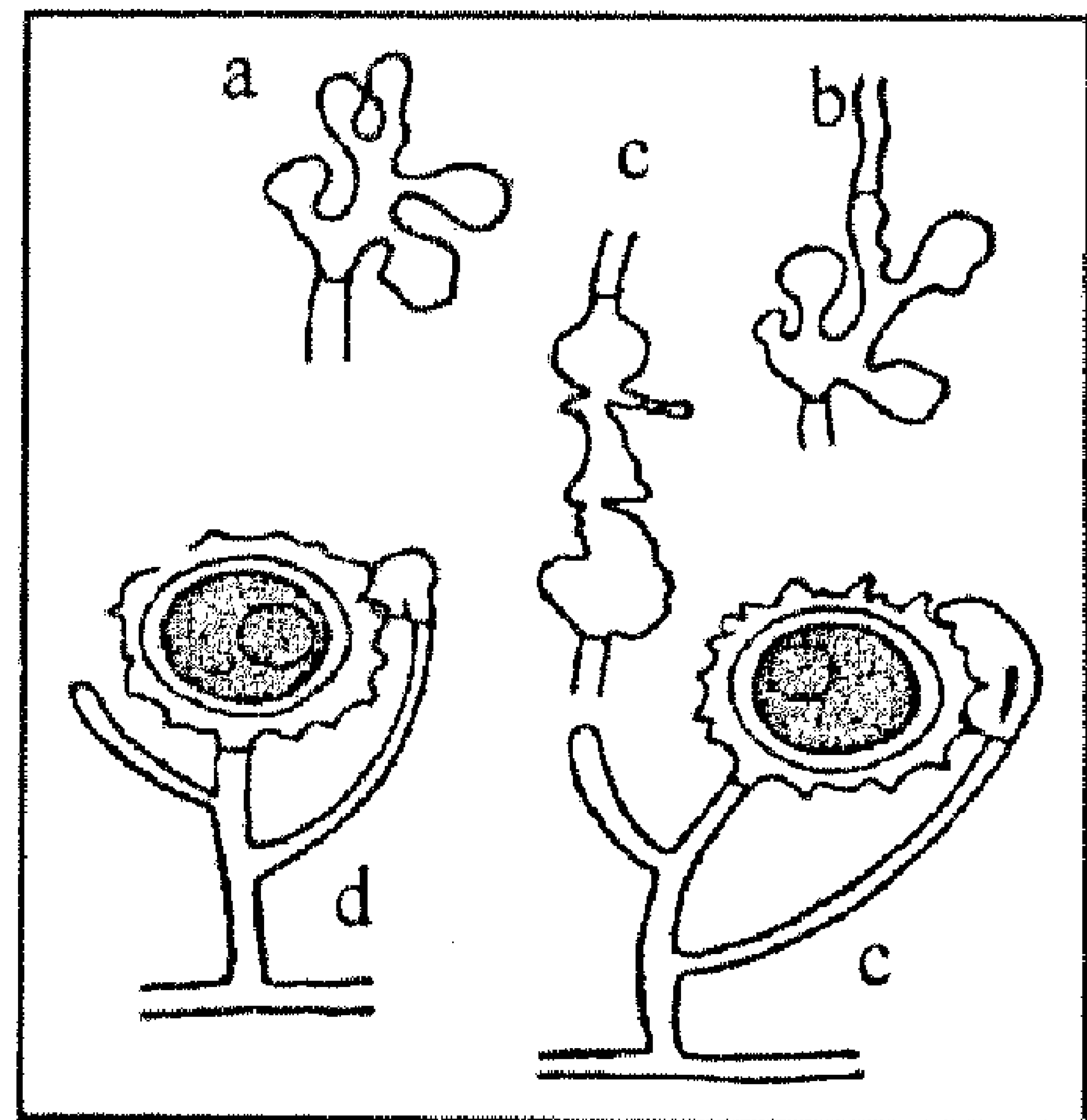
d) حوافظ بيضية والأنثريدات، وتظهر خلية البيضة.

النوع *Pythium acanthicum*: يتراوح سمك الهيفا من ١,٣ إلى ٥,٦ ميكرومتر، الإسبورانجيات نموذجياً بينية، إلا أنها أحياناً طرفية، تقريباً كروية، ١٢–٤٣ ميكرومتر في القطر، إذا كانت بينية فإنها عادة تتركب من جزء كروي تقريباً وهيفا متطاولة قصيرة أو تصل إلى ٧٥ ميكرومتر، أحياناً تتركب من جزئين كرويين يربطهما هيفا. الجراثيم السابحة بمعدل ٥–٥٠ جرثومة سابحة، ذات سوطين، كلوية تنبت مباشرة، قطرها ٨–٩,٥ ميكرومتر عند التحوصل، الحافظة البيضية طرفية، منمنمة، ١٣–٣٠ ميكرومتر في القطر المتوسط ٢٣,٧ ميكرومتر في القاعدة، تنضغط حتى تصبح كروية في القمة، الإنثريدة وحيدة الوتد، أحياناً ثنائية الوتد، بمعدل ١–٢/حافظة بيضية، عادة بمعدل ١/حافظة، تتكون في قمة فرع طوله ٦–٢٥ ميكرومتر غالباً ١٠–١٥ ميكرومتر، الخلية الإنثريدية منتفخة، إسطوانية مستقيمة أو مخلبية، ذات نتوء، ٨–١٧ × ٥–٩ ميكرومتر، أو أكبر حجماً. الجراثيم البيضية مركزية، أحياناً تتركب من غلاف بيضي، مفردة، ١٢–٢٧ ميكرومتر، ذات جدار سميك، ذات قطرة غذائية مخزنة واحدة، تنبت بإعطاء أنبوبة إنبات أو جراثيم سابحة. تصيب ثمار *Citrullus vulgaris* وجذور *Dahlia sp.*, *Pisum sativum*, *Phaseolus vulgaris, Solanum melongena*. (شكل رقم ٣–١–٣٨).

النوع *Pythium spinosum*: سمك الهيفا من ٢,٥ إلى ٥ ميكرومتر، الإسبورانجيات كروية لحد ما، إذا كانت طرفية، فهي كروية إلى قمعية، ١٤–٣٣ ميكرومتر، المتوسط ٢٢,٤ ميكرومتر في القطر، ذات جدار أملس، أحياناً ذو زوائد أصبعية الشكل، أو منمنمة، الجراثيم السابحة نادرة التكوين، تنبت بأنبوب إنبات. الحافظة

البيضية كروية لحد ما، إذا كانت طرفية، فإنها قد تكون ليمونية، وإذا كانت بينية ١٣,٢-٢٧,٤ المتوسط ١٨,٢ ميكرومتر في القطر. ذات زوائد، الإنثريدات طرفية، أحادية الوتد، أحياناً ثنائية، بمعدل ١-٢/حافظة بيضية، قريبة من الحافظة، ١٢-٣٢ × ٣-٥ ميكرومتر. الجراثيم البيضية غير مركزية، مفردة، ملساء، ١٠,١-٢٥,٣ ميكرومتر المتوسط ١,٧ ميكرومتر في القطر لم يشاهد إنباتها. تصيب جذور: *Allium cepa, A fistulosum, Aschoenoprassum, Brassica oleracea, v. capitatat, Calendula officinalis, Callistephus chinesis, Campauula medium, Chrysanthemum coronarium, Citrullus vulgaris, Coriandrum sativum, Cucumis sativum, Daucus carota, Dianthus chinensis, Lactuca sativa, Lycopersicum esulentum, Primula gena, Zinnia eleganus*. (شكل رقم ٣-١-٣٩).






شكل رقم (٣-١-٣٨): النوع *Pythium acanthicum*

a, b, c) منظر عام على النتوءات.

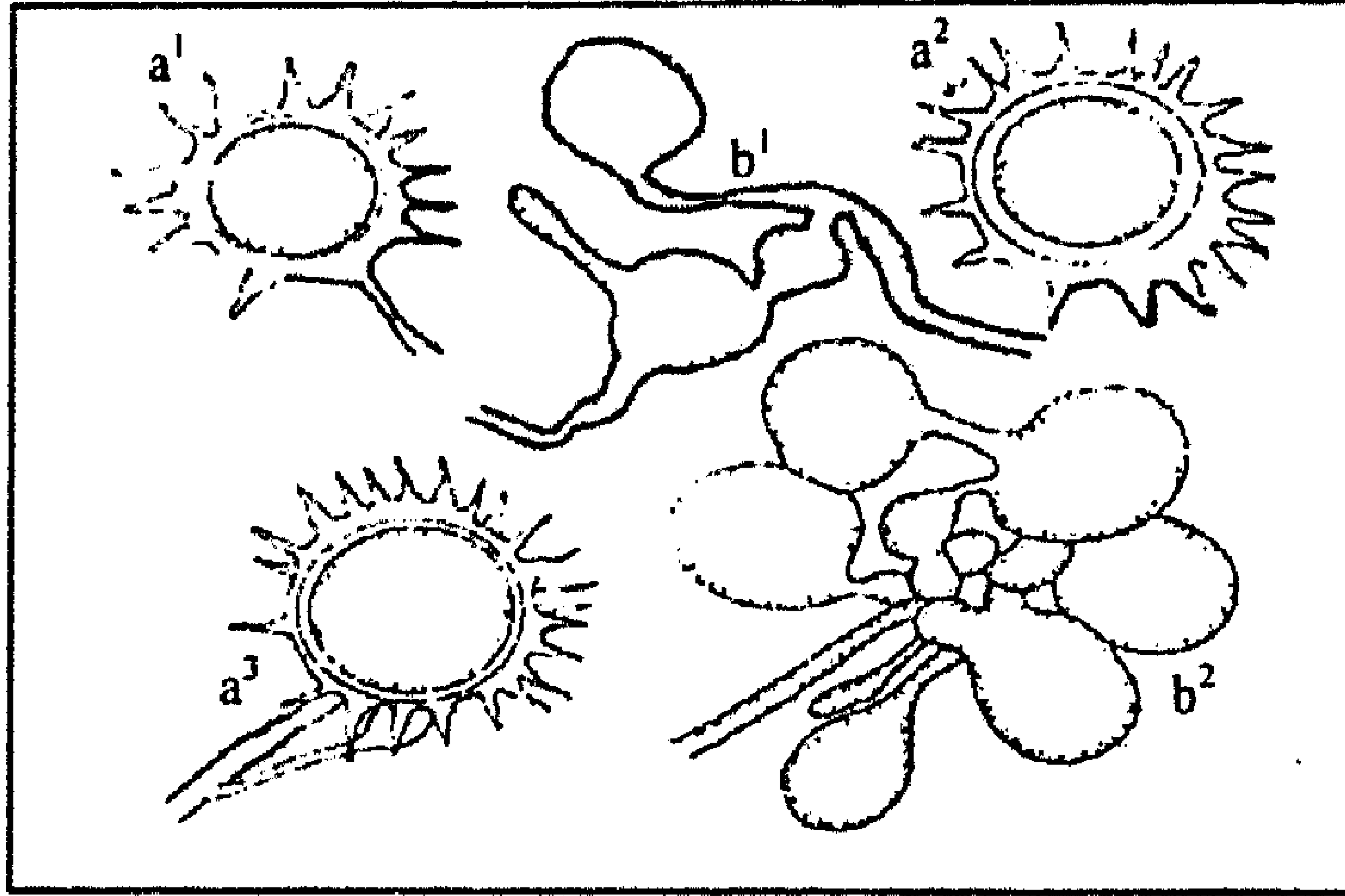
d) الحوافظ البيضية والأنثريداة.

إلى اليسار الحوافظ البيضية والأنثريداة.



شكل رقم (٣-١-٣٩):
النوع *Pythium spinosum* الجراثيم البيضية.

النوع *Pythium oligandrum*: سمك الهيفا من ١,٥ إلى ٦,٨ ميكرومتر، الإسبورانجيات طرفية، غالباً بينية، تقريباً كروية، ٢٥-٤٥ ميكرومتر في القطر، عادة تتركب من ١-٥ أجزاء كروية متسعة وجزء خيطي ٥-٧٥ ميكرومتر في الطول. أحياناً غير منتظمة الإنتفاخ أو التفرع. الجراثيم السابحة بمعدل ٢٠-٥٠، ذات سوطين جانبين، كلوية منتفخة، ٩-١٠ ميكرومتر في القطر عند التحوصل. الحافظة البيضية تقريباً كروية، منمنمة طرفية أو بينية، ١٧-٣٥ ميكرومتر في المتوسط ٢٦,٤ ميكرومتر في القطر، شديدة النمنمة، ذات طرف محدب، أو مدبب القمة، ٣-٧ × ١,٥-٣,٥ ميكرومتر في القاعدة. الجرثومة البيضية تتكون بكرياً. لا توجد أنثريدات. وفي حالة وجودها فهي ثنائية الوتد، نادراً أحادية الوتد، ١٢-٢٥ × ٥,٥-٨ ميكرومتر، أسطوانية أو منحنية قليلاً. الجرثومة البيضية غير مركزية البيضة مفردة، تنبت خلال عدة أشهر في الماء المعقم، تعطي جراثيم سابحة أحياناً تنبت بإعطاء هيفا. يصيب *Anthirrhinum majus, Brassica oleraceae, Cucurbita pepo, Daucus carota, Pisum sativum, Rheum raponticum, Triticum aestivum*، وعلى ثمار *Amygdalus communis*. (شكل رقم ٣-١-٤٠).

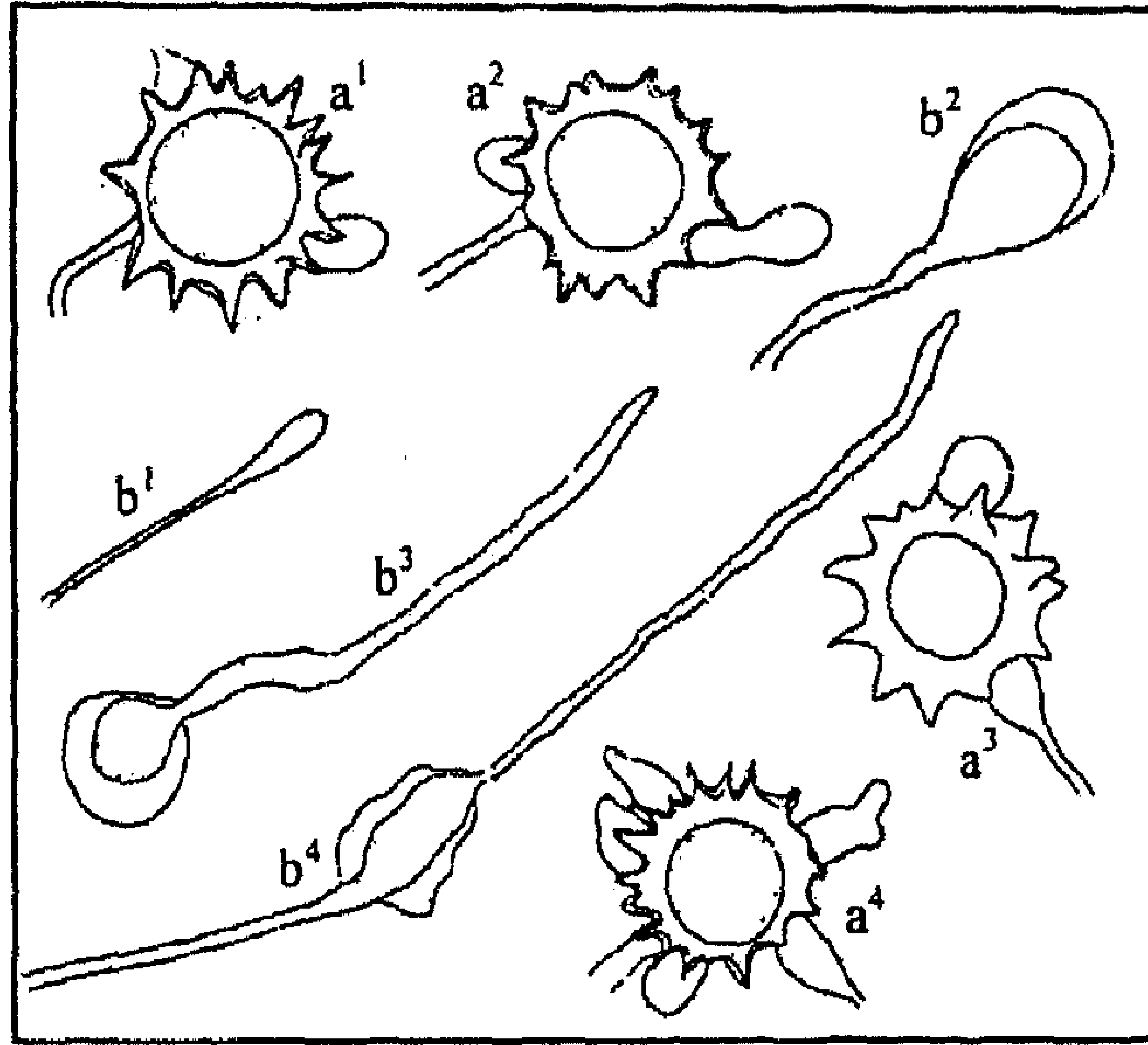



شكل رقم (٣-١-٤٠): النوع *Pythium oligandrum*

$a^{1-3}$ الأرجونيا، $b^{1-2}$ كيس إسبورانجي.

النوع *Pythium megalacanthum*: الميلسيوم دقيق، متفرع، الإسبورانجيات تتكون في خلايا قشرة النبات العائل، أو خارجية النشأة، طرفية أو بينية، كروية لحد ما، غالباً ما ينمو الحامل الإسبورانجي خلال الكيس الإسبورانجي معطياً كيس إسبورانجي جديد. الجراثيم السابحة ضخمة الحجم ١٨-٢٠ × ٤-٥ ميكرومتر، غالباً ١٢-١٥ ميكرومتر. الحوافظ البيضية طرفية وبينية، كروية، في البدء ملساء، ثم تصبح ذات نتوءات، ٣٦-٤٥ ميكرومتر في القطر بدون النتوءات، والتي تصل إلى ٦-٩ ميكرومتر في الطول، مخروطية الشكل، ذات قمة مدببة، الإنثريدات ثنائية الوتد، بمعدل ١ أو أكثر/حافظة بيضية. الجراثيم البيضية غير مركزية البيضة، ذات جدار سميك، أملس، حوالي ٢٧ ميكرومتر في القطر. يعرف غالباً كمترمم على البقايا النباتية، وأحياناً كمتطفل على بعض أنواع جنس *Pythium*، عادة يتطفل على الأنواع *P. ultimum, P. vexans*. يصيب *Antirrhinum majus, Calendula officinalis, Callistephus chinensis,*

*Chrysanthemum sp., Lactuca sativa, Lepidium sativum, Linum usitatissimum, Lycoperscum esculentum, Zinnia elegans*، .....وغيرهم. (شكل رقم ٣-١-٤١).

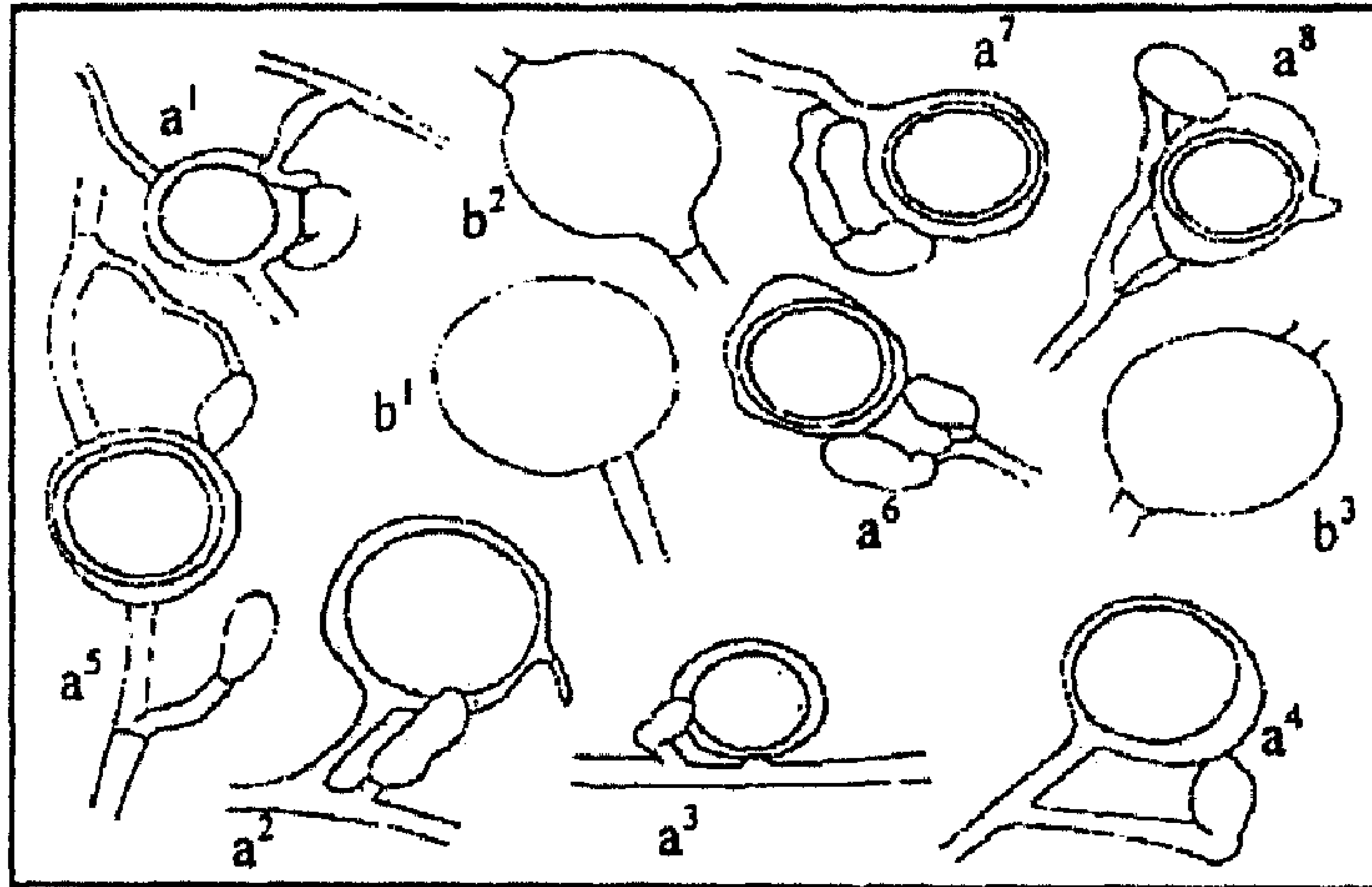



شكل رقم (٣-١-٤١): النوع *Pythium megalacanthum*

$a^{1-4}$ الأرجونيا والإنثريدة، $b^{1-4}$ الأكياس الإسبورانجية، وبعض الإثمار الداخلي.

النوع ***Pythium irregulare***: ينمو الميلسيوم جيداً على الأوساط الغذائية، يتراوح سمك الهيفا من ٢ إلى ٦ ميكرومتر حتى ٧,٩ ميكرومتر ذات فريعات جانبية كثيرة، الإسبورانجيات كروية إلى كمثرية، طرفية إلى بينية، قطرها ١٠-٣٠ ميكرومتر، كثيرة العدد، تنبت كجرثومة كونيدية أو تعطي جراثيم سابحة، ٤-٦ × ١٠-١٢ ميكرومتر، ذات أنبوبة إخراجية. الحافظة البيضية طرفية أو بينية، جالسة أو على قدم، من كروية إلى أسطوانية، مختلفة الأشكال وكذلك الأحجام، ٩,٦-٢٨,٣ ميكرومتر، ملساء أو ذات غلاف متموج، ذات نتوءات مختلفة الأطوال والأشكال، غالباً متسعة عند القاعدة وقمة مدببة مستقيمة أو منحنية الإنثريدات وحيدة الوتد أحياناً ثنائية الوتد بمعدل ١-٤، غالباً

١/حافظة بيضية، ذات قدم، صولجانية أو قليلة الإنحناء، الجراثيم البيضية غير مركزية البيضية، ٨,١-٢٥,٢ ميكرومتر، ذات غلاف سمكة ١,٤ ميكرومتر، تحاط البيضة بطبقة محببة من البرتوبلازم. يصيب *Avena sativa, Batata edulis, Citrullus vulgaris, Helianthus annus, Hordeum vulgare, Linum usitatissimum, Lupinus sp., Pisum arvense, P. sativum, Spinacia oleracea, Triticum aestivum, Vicia faba*، يصيب هذا النوع البنجر في كل مراحل النمو، ويسبب موت النبات. يتحول لون الأوعية إلى اللون الأسود، تصبح أوعية الجذر رمادية اللون، وتتعفن الجذور أثناء التخزين. (شكل رقم ٣-١-٤٢).




شكل رقم (٣-١-٤٢): النوع *Pythium irregulare*

$a^{1-8}$ أرجونيا وانثريديا، $b^{1-3}$ إنتفاخات هيفية.

النوع ***Pythium artotrogus***: المرادف *P. hydnosporum*. سمك الهيفا ٢,٦-٧,٨ ميكرومتر، لا توجد إسبورانجيات، الحافظة البيضية كروية، غالباً بينية، إلا أنها قد توجد أحياناً طرفية، ١٨-٢٧ ميكرومتر في القطر، منمنمة. الإنثريدات غالباً تحت بيضية، الجراثيم البيضية إهليجية، ١٥-٢٤ ميكرومتر. تصيب *Apium graveolens v.ducle, Batata edulis, Brassica olerscea v.botrytis,*

*Lycopersicum esculentum, Phaseolus vulgares, Raphanus sativus*، وغيرهم.

النوع *Pythium vitis*: سمك الهيفا ٦,٤-٩,٢ ميكرومتر بدون جذور عرضية، إلا أنها على الاوساط الغذائية المحتوية على الجلوكوز، يندر أن يعطي جدر عرضية تتكاثر لا جنسياً بالكونيدات أو الجراثيم السابحة التي لم تلاحظ إنباتها، الإنثريدات ١٢-٢٨ × ٦,٦ ميكرومتر، الحافظة البيضية ٢٦-٢٧ ميكرومتر في القطر، الجراثيم البيضية ملساء أو غير مستوية، عديمة اللون، ١٢-٢٥ ميكرومتر في القطر. يصيب شتلات العنب.

ولمن يرغب في المزيد عن الجنس Pythium عليه الرجوع إلى:

Vander Plaats - Iviterink A.J. (1981). Monograph of the Genus Pythium Centraalbureau Voor Schimmelcultures Baarn. Tnstitute of the Royal Netherlands, Academy of Science.

## ٣-١-٦-٢ الجنس فيتوفثورا

## G. *Phytophthora*

تدل الدراسات الشكلية والفسيولوجية البيئية لأنواع هذا الجنس، على أنه يحتل مكاناً وسطاً بين البثيات وبيضيات رتبة البيرنوسبورات. يضم هذا الجنس ما يزيد عن ٧٠ نوعاً. الميلسيوم عادة أبيض اللون، غزير التفرع، الأكياس الإسبورانجية ليمونية الشكل. تتشكل الجراثيم السابحة داخل الأكياس الإسبورانجية وتخرج عن طريق انفجار قمة الكيس. لا تنمو هذه الفطريات في الماء ووجود هذه الفطريات في الماء ليس إلا محض صدفة. غالبية الأنواع مغتذيات في التربة، تصيب الأجزاء التحت أرضية للنباتات الراقية. ولا تتجرثم إلا في وجود رطوبة أرضية عالية. تنبت الجراثيم السابحة في ماء التربة. وفي حالات نادرة لا تستطيع هذه الفطريات التواجد بالتربة فترات طويلة، حيث تحفظ فقط على صورة أعضاء ساكنة (جراثيم كلاميدية أو جراثيم بيضية). وخلافاً للجنس بيثيوم فلا تعزل أنواع

الفيتوفثورا من التربة، إلا أنه يمكن عزلها بسهولة من الأجزاء النباتية المصابة بها بعض الأنواع تصيب الأجزاء الفوق أرضية للنباتات الراقية. وبقدر ما أصبحت هذه الفطريات ذو مقدرة تطفلية عالية، فقد اكتسبت وسائل شتى لكي تتمكن من غزو وإصابة النباتات الراقية. وتعتبر أنواع هذا الجنس من أفضل النظم لدارسة التطور التطفلي من الترمم.

الأنواع البدائية تبقى بالتربة لفترات طويلة مهاجمة كما في البيثيوم بقايا النباتات بها، كما تصيب النباتات عن طريق الجروح، مفرزة توكسين فعال وتعمل على تكسير الخلايا والأنسجة النباتية. ونظراً لتغذيتها على الأجزاء المتهالكة من النبات أو بقايا النباتات فهي ليست متخصصة وتهاجم أي نبات يتواجد بالتربة. يعتبر المدى العوائلي لها واسع نسبياً كما في حالة الجنس بثيوم، إلا أنها تختلف عنه في أنها متخصصة على أعضاء نباتية معينة، حيث تصيب أنواع الفيتوفثورا إصابة الجذر – الأوراق – الثمار وغيرها، حيث يخترق هيفاتها الخلايا مؤدية إلى موت الأنسجة.

تؤدي مفرزاتها إلى موت الأنسجة لذلك تتعفن الأنسجة المصابة ويتم التجرثم على الأجزاء الميتة وتسقط الجراثيم في التربة.

لبعض الأنواع ظهرت التخصصية التطفلية على الأنسجة الحية وحلت الثغور محل الجروح كبوابة يتطرق منها الكائن إلى داخل النبات وبدلاً من أن تنمو الخيوط الميسليومية داخل الخلايا، تنمو ما بين الخلايا ولتحصل على غذائها ترسل ممصات haustorium لامتصاص المواد الغذائية من داخل الخلايا (شكل رقم ٣-١-٤٣)، ولذلك تعيش لفترات أطول، وفقد هذا الكائن بالتالي أهم أسلحة التطفل (التوكسينات والإنزيمات المحللة). وقد تبع ذلك، فقده المقدرة على البناء الذاتي لبعض المواد العضوية الهامة من المواد البسيطة في الوسط الغذائي الاصطناعي، كما فقد المقدرة على التنافس مع الميكروبات الأخرى على المادة الغذائية وأصبحت حياة هذه الفطريات في التربة مستحيلة. ولهذا المنحنى التطوري ضاق

النطاق التطفلي للفطر حتى وصل في بعض الحالات إلى التخصص الدقيق على الصنف النباتي.



شكل رقم (٣-١-٤٣):

الممص الخاص بالفطر *Pytophthora infestans* المسبب لمرض الندوة المتأخرة في البطاطس.

وطبقاً لذلك فيمكن اعتبار جنس فيتوفثورا المعبر الذي يربط بين المتطفلات البدائية من الجنس بثيوم والمتطفلات عالية التخصص، في رتبة البرنوسبورات.

ينتشر هذا الجنس انتشاراً واسعاً بالكرة الأرضية، حيث يتواجد تقريباً في كل المناطق الناخية وتعتبر أغنى المناطق به هي الاستوائية وتحت الاستوائية، حيث يعتقد أنها موقع نشأة الجنس. ويعتبر النوع *Ph. cinnamomi, Ph. palmivora* الأكثر انتشاراً بالمنطقة الاستوائية. والنوع *Ph. parositica* الأكثر بالمنطقة تحت الاستوائية، وشمال وجنوب هذه المنطقة تتزايد أهمية النوع *P. infestans*.

لا يوجد من بين أنواع هذا الجنس من هو أكثر مأساوية من النوع *Ph. infestans*، فهو المتطفل الوحيد الذي يوجد له سجلات في أي عام ظهر وفي أي بلد وفي أي شهر وحتى في أي ساعة ظهر مرضه الخطير. الندوة المتأخرة على البطاطس والطماطم. فقد سبب هذا الفطر فعلاً مأساوياً على مصير كل الأمم وما كُتب من كتب وأجريت عليه من دراسات

تكفي لملئ مكتبات كاملة. والآن، مع ما يعتقد أنه تم ترويضه (عن طريق زراعة الأصناف المقاومة أو استخدام المبيدات) إلا أنه من وقتٍ لآخر يطلق لنفسه العنان فيؤدي إلى وباء يقضي على مساحات شاسعة من زراعات البطاطس.

فكما هو معروف، دخلت البطاطس أوروبا عن طريق أمريكا، والتي أصبحت بسرعة فائقة الغذاء الرئيسي لشعوب شمال غرب أوربا. وعاماً بعد عام تزايد المحصول وزاد الاعتماد عليه وكان ذلك بسبب غياب هذا الفطر والذي كان منتشراً على زراعات البطاطس في أمريكا الجنوبية. ظهر المرض في وقت واحد في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا (١٨٤٢–١٨٤٣) ويرجح أنه انتقل من بيرو بداية من عام ١٨٤٠. وفي عام ١٨٤٤ سجل المرض في بلجيكا وفرنسا (ليل)، وانجلترا (كونت وسوسكي) وأيرلندا. إلا أن الصيف الجاف في هذا العام لم يعطي له فرصة الانتشار. وفي عامي ١٨٤٥–١٨٤٦ بدأت حقبة مأساوية في حياة شعوب شمال غرب أوربا، ففي منتصف يوليه ١٨٤٥ أصيبت البطاطس في فنلندا والأجزاء المجاورة من فرنسا وألمانيا ونشرت صحف بلجيكا الصيفية مقالات عن مرض البطاطس الجديد. انتشر المرض بعد ذلك إلى لكسمبورج وعلى طول نهري الرون والراين انتقل إلى السويد. وفي منتصف أغسطس ظهر المرض حول باريس. وللتدليل على ما فعله المرض في حياة شعب أيرلندا أنه مع بداية انتشاره كان عدد سكانها ٨ مليون نسمة وفي عام ١٨٥١ وصل العدد إلى ٢ مليون نسمة.

هذا اللغز المحير للمرض الجديد الذي أصاب البطاطس حله العالم "أنطون دي باري" "A. de Bary" (شكل رقم ٣–١–٤٤)، حيث وضح طبيعة الإصابة بالمرض ودورة حياة المسبب وأطلق عليه *Phytophthora infestans*، "الذي يصيب النبات عن طريق العدوى".



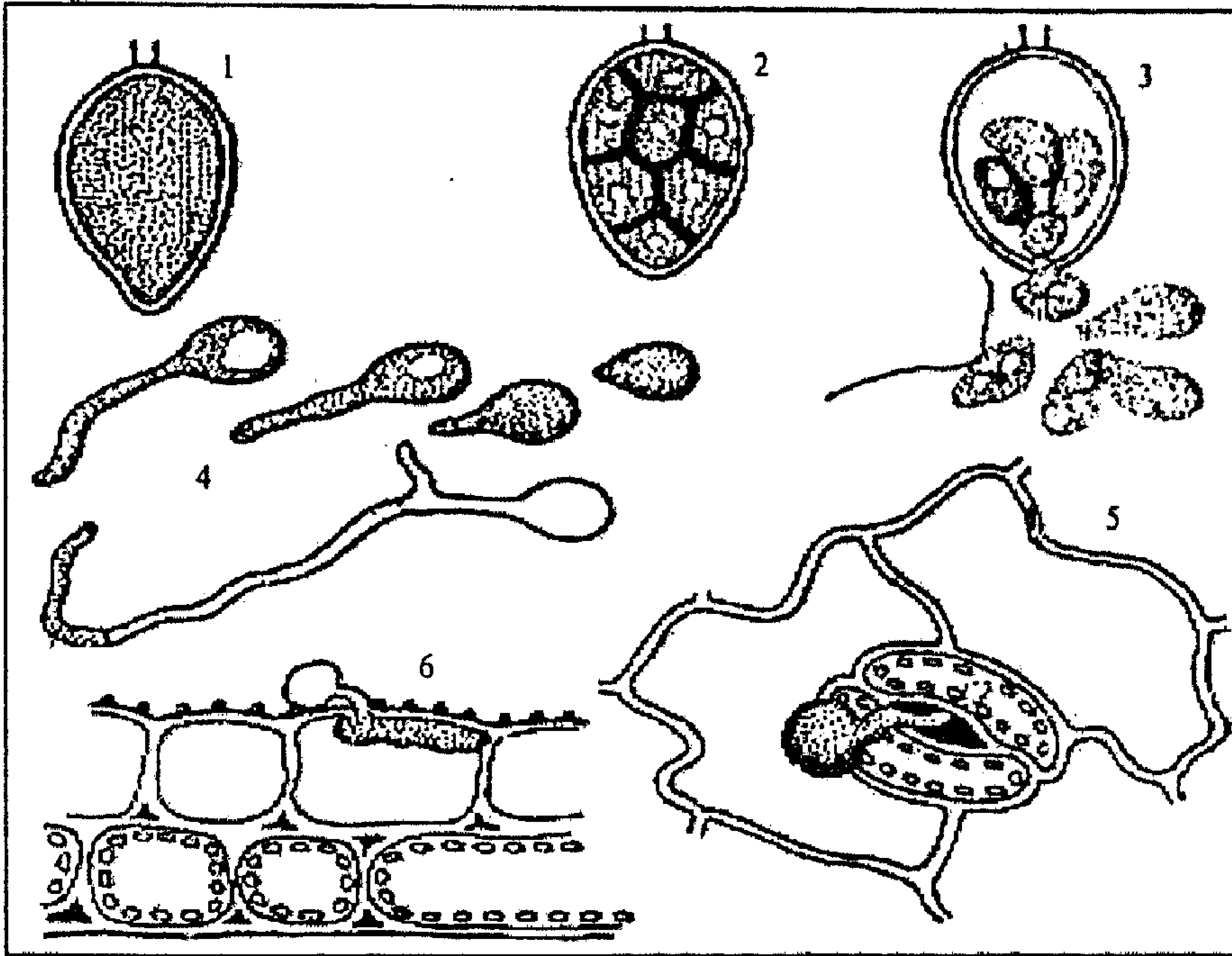
شكل رقم (٣-١-٤٤):
العالم أنطون دي باري (١٨٣١-١٨٨٨م).

النوع *Phytophthora infestans*: (شكل رقم ٣-١-٤٥)، ينمو داخل أوراق البطاطس ما بين الخلايا ويرسل ممصات داخل الخلايا تؤدي إلى تكوين بقع داكنة على الأوراق حيث تسود في ظروف الرطوبة العالية. وتؤدي الإصابة الشديدة إلى موت كل الورقة (شكل رقم ٣-١-٤٦). تموت الأوراق السفلى أولاً ثم ينتشر المرض إلى كل النبات. بعد فترة من التغذية تتكون الحوامل الإسبورانجية والتي تظهر من خلال الثغور في ظروف الرطوبة العالية تظهر خيوط بيضاء اللون حول البقع على السطح السفلي للورقة، في نهايات الحوامل تتكون الأكياس الإسبورانجية الليمونية الشكل، تنفصل وتحمل بالهواء أو قطرات المطر. الأكياس الإسبورانجية الساقطة على سطح النبات في قطرة ماء تعطي من ٦ إلى ٨ جراثيم سابحة، تسبح لفترة في الماء، تتكور، تحيط نفسها بجدار وتنبت معطية أنبوبة إنبات. حيث تتجه إلى أقرب ثغر وتدخل منه إلى نسيج النبات(شكل رقم ٣-١-٤٥). وفي الظروف المناخية المواتية (الجو الرطب البارد أو الندى الكثيف) فإن الوقت الذي يمضي من حدوث الإصابة حتى ظهور الجيل الجديد من الإسبورانجيات من ٣ إلى ٤ أيام. وحول البقعة الواحدة يتكون عدة آلاف من الأكياس الإسبورانجية. وهذا يفسر الانتشار الوبائي

السريع لهذا المرض.

تسقط الأكياس الإسبورانجية على التربة، تترشح خلالها وتصيب الدرنات المتكونة وتحدث الإصابة الكثيفة للدرنات في وقت الجمع. وتؤدي الإصابة بالفطر إلى زيادة إصابة الدرنات بالعفن الفطري أو البكتيري. وتتجدد الإصابة بزراعة الدرنات ضعيفة الإصابة. حيث تخرج الأفرع الحديثة مصابة وبذلك ينتقل المرض من موسم لآخر. ولا تستطيع الأكياس الإسبورانجية أو الميسليوم المعيشة لفترات طويلة في التربة. لذلك، فإن نقل المرض عن طريق التربة يعتبر قليل الأهمية. النوع *Ph. infestans* غير متوالف ذاتياً، ويلزم لتكوين الجراثيم البيضية تواجد العزلتين $A_1$ و $A_2$. وحتى منتصف السبعينات من القرن العشرين كان الاعتماد السائد أن العزلة $A_1$ هي المنتشرة عالمياً وأن العزلات $A_1$ و $A_2$ لا تتواجدان معاً إلا في المكسيك. إلا أن الدراسات الوراثية الحديثة أثبتت تواجد العزلة $A_2$ بكثير من بقاع العالم، فقد وجدت في أوروبا وأمريكا وآسيا واليابان كما أمكن التعرف على وجود هذه العزلة في درنات مصابة من مصر. وتدل دراسات النظائر الإنزيمية للعزلات المختلفة على أن العزلة $A_2$ السائدة الآن لم تنتقل من المكسيك حيث أن العزلات اليابانية والأوربية والأمريكية تختلف وراثياً عن العزلات المكسيكية.

بالإضافة إلى البطاطس، يصيب الكائن الطماطم وبعض نبات العائلة الباذنجانية. وهو شديد الوطأة كذلك على الطماطم حيث يصيب الأوراق والثمار. (شكل رقم ٣-١-٤٦).




شكل رقم (٣-١-٤٥):

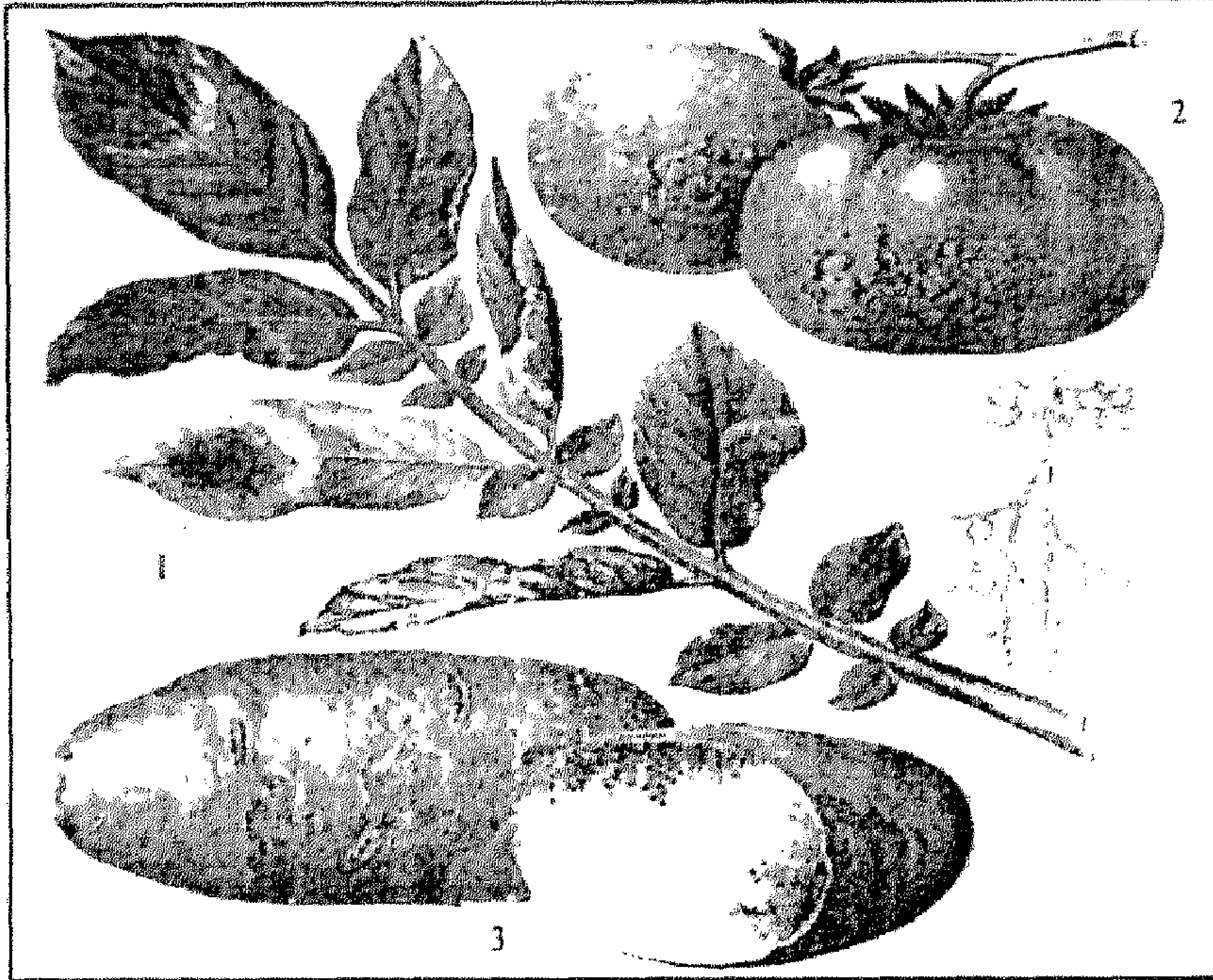
الفطر المسبب لمرض الندوة المتأخرة في البطاطس *Phytophthora infestans*

١-٣) مراحل تطور وخروج الجراثيم السابحة.

٤) إنبات الجراثيم.

٥) الاختراق عن طريق الثغور.

٦) الاختراق المباشر لطبقة الكيوتيكل.




شكل رقم (٣-١-٤٦):

الندوة المتأخرة في البطاطس والطماطم

١) أوراق بطاطس مصابة.

٢) ثمار طماطم مصابة.

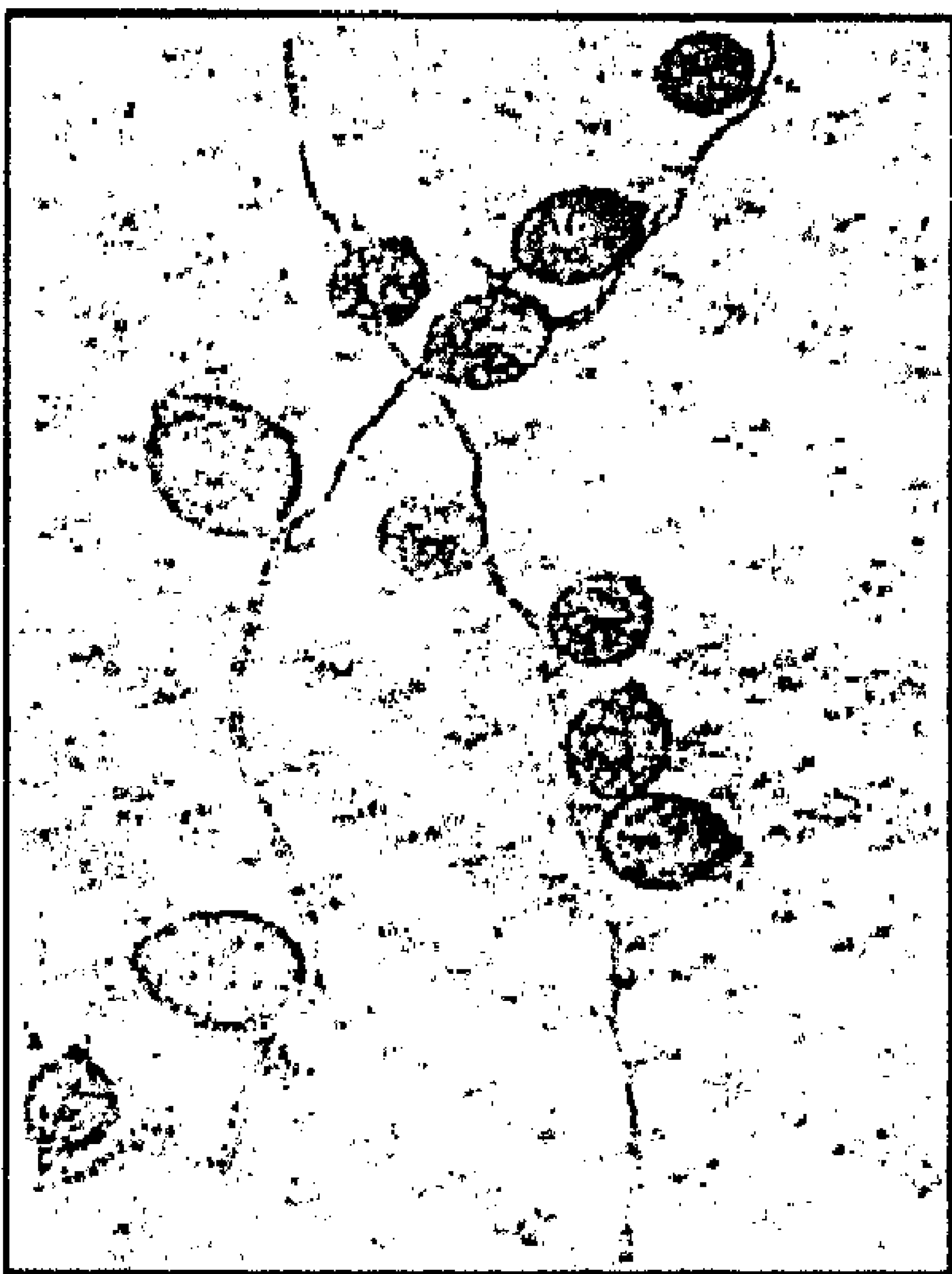
٣) درنات بطاطس مصابة.

النوع ***Phytophthora cactorum***: (شكل رقم ٣-١-٤٧ "أ،ب،جـ")، كُتب عنه لأول مرة في ألمانيا عام ١٨٧٥ كمتطفل على Cactus نباتات الزينة الشوكية ويعتقد أنه قد وصل إلى نبات الزينة ذات الأصل الأمريكي في صورة مترممة. في عام ١٩٠٤ وجد أنه يصيب التفاح والخوخ في السويد، ثم عرف بعد ذلك في بقاع كثيرة من العالم.

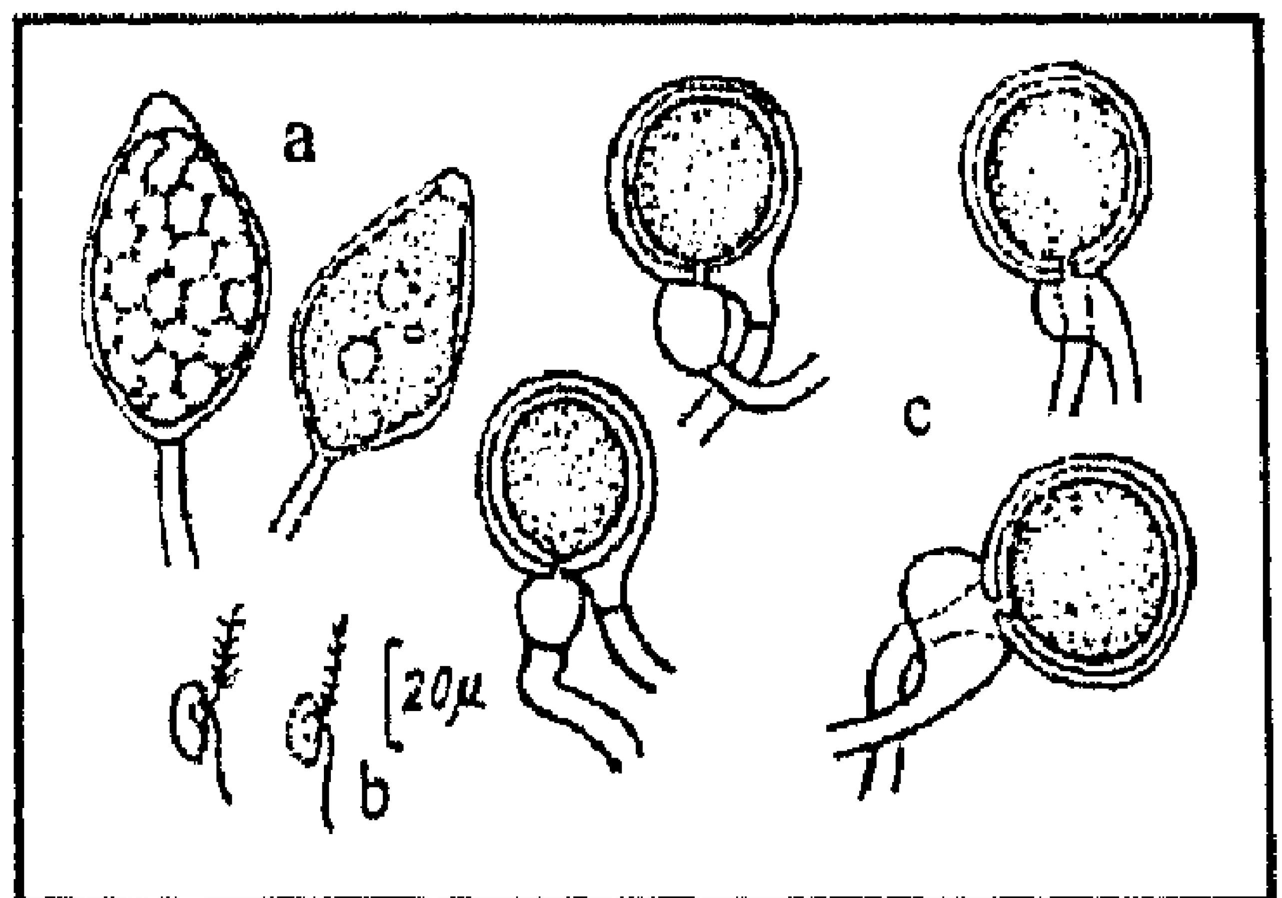
يختلف هذا النوع عن *Ph. infestans* في أنه يصيب النبات عن طريق الجروح، غير

متخصص، يمتاز بمقدرته العالية على إفراز توكسين شديد السمية. ينمو الميسليوم داخل الخلايا أو بينها ولا يكون أعضاء امتصاص، الفطر واسع المدى العوائلي، عرف على ٨٣ جنس تنتمي إلى ٤٤ عائلة نباتية، حيث يصيب نباتات العائلة الوردية (١٣ نوع)، البقوليات (١١ نوع)، السوسنيات (١٠ أنواع). ولا يصيب نباتات العائلة النجيلية إطلاقاً.

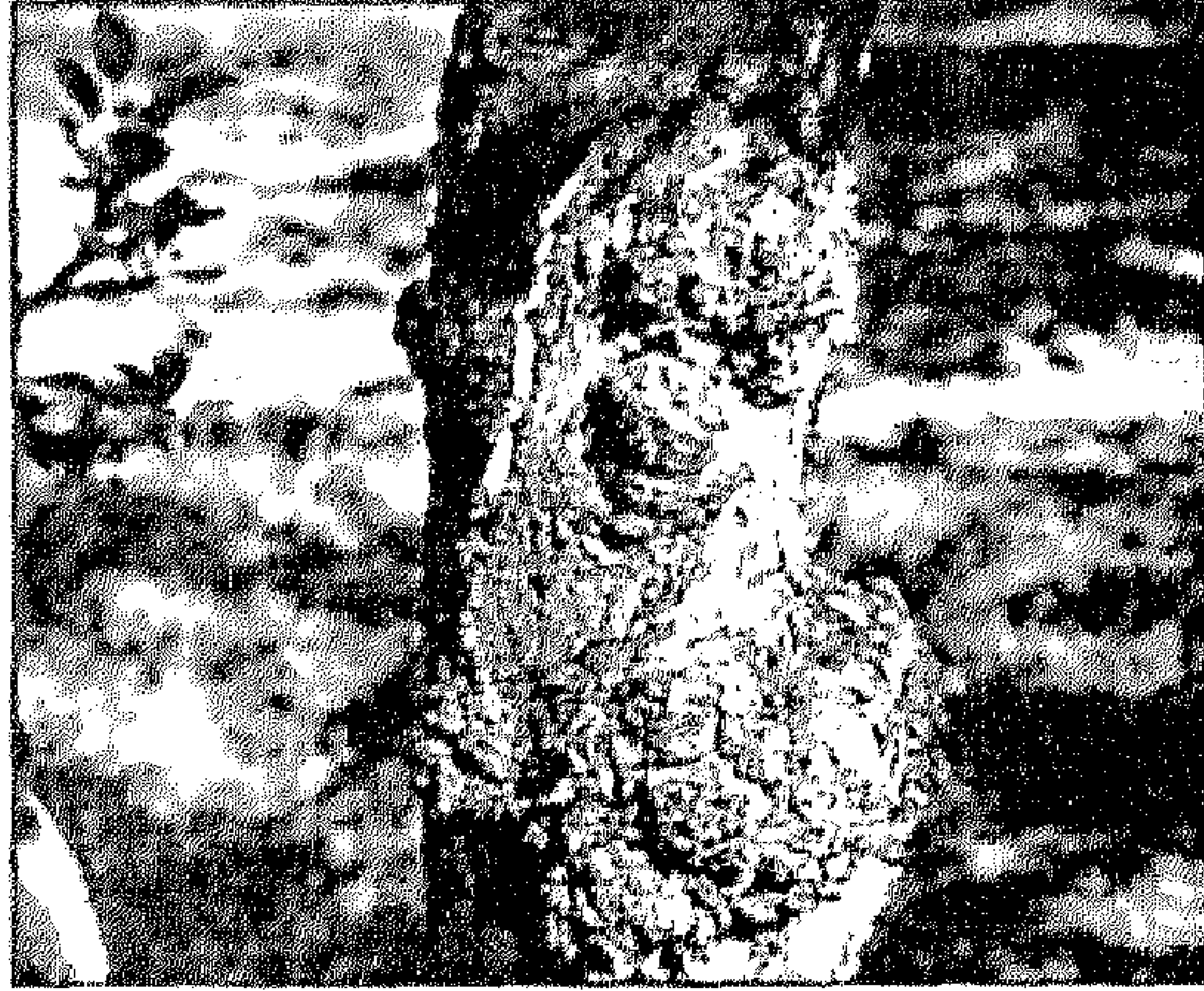
ترجع الأهمية التطبيقية لهذا الفطر إلى إصابته لثمار نباتات العائلة الوردية في المناطق الباردة. يسبب الفطر للفراولة عفناً شديداً للثمار. تجف الأنسجة المصابة، يصبح سطحها جلدياً وتتغطى بطبقة كثيفة من الميسليوم، ويسبب تشقق الجذع في التفاح، عفن الجذور – الأوراق – الثمار....(شكل رقم ٣-١-٤٧ جـ).



شكل رقم (٣-١-٤٧-أ):
منظر عام للفطر *Phytophthora cactorum*




شكل رقم (٣-١-٤٧-ب): للفطر *Phytophthora cactorum*
a) الأكياس الإسبورانجية للفطر.
b) الجراثيم السابحة.
c) الحوافظ البيضية.



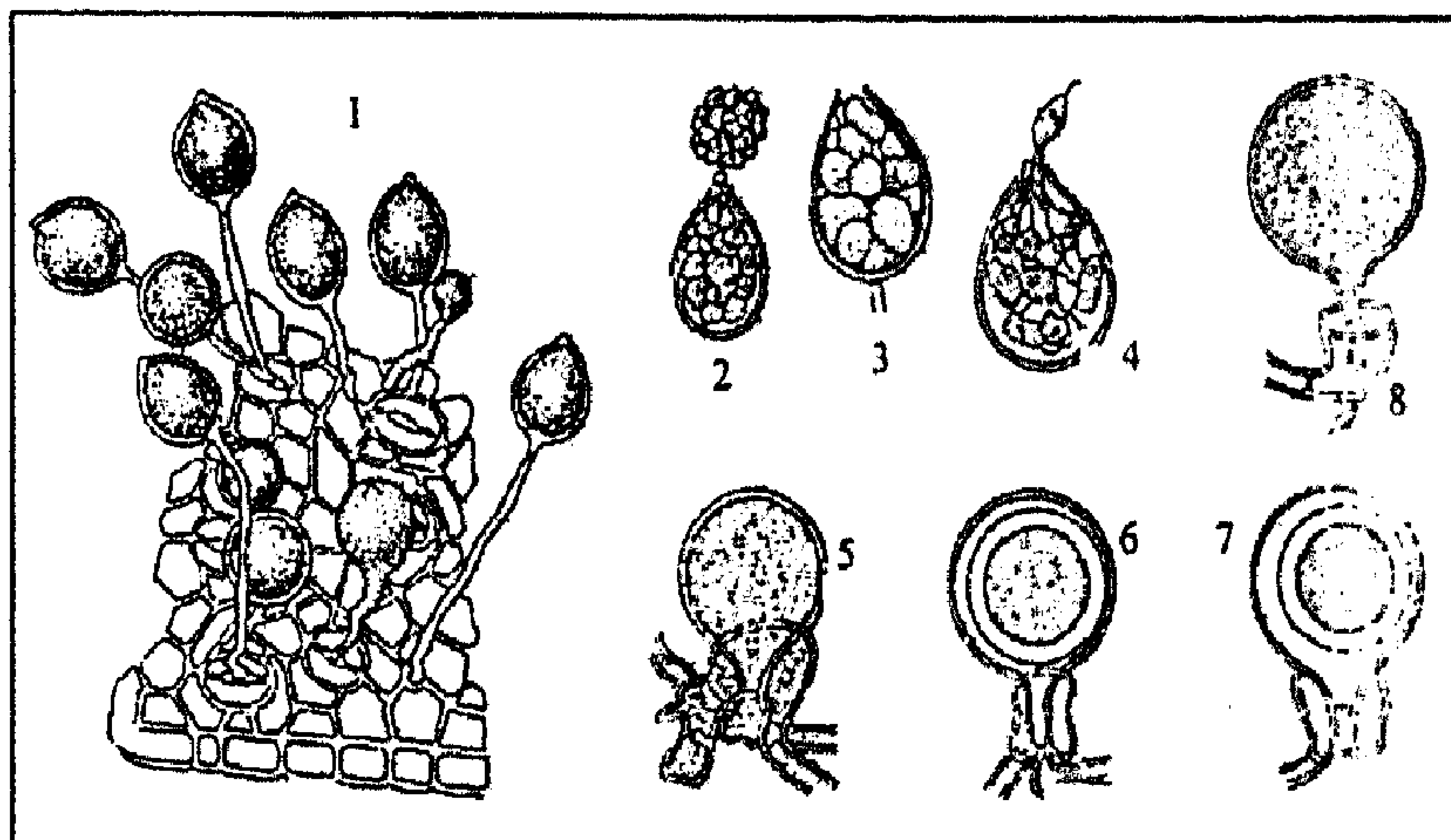
شكل رقم (٣-١-٤٧-جـ):

عفن القلف في أشجار التفاح المتسبب عن للفطر *Phytophthora cactorum*

النـوع *Phytophthora parasitica*: (شـكل رقـم ٣-١-٤٨ "أ، ب، جـ، د")
واسع المدى التطفلي، يصيب ٧٢ نوع تنتمـي إلى ٤٢ عائلـة ينمـو مـا بـين الخلايـا ويرسـل ممصات بداخلها وهو واسع الانتشار في المنطقة تحـت الاسـتوائية. يسـبب أضـراراً جسـيمة لنبات الطماطم محدثاً عفناً للجذور والساق، كما يصيب الدخان والفلفل. كما يصـيب بشـدة النباتات البقولية، القطن - الموالح - البابـاط، وغيرها، وفي المناطق الباردة يصـيب النباتـات المحمية. تعيش الجراثيم الكلاميدية والبيضية له في التربة.



شكل رقم (٣-١-٤٨-أ):
للفطر *Phytophthora parasitica* الأكياس
الإسبورانجية الليمونية للفطر.



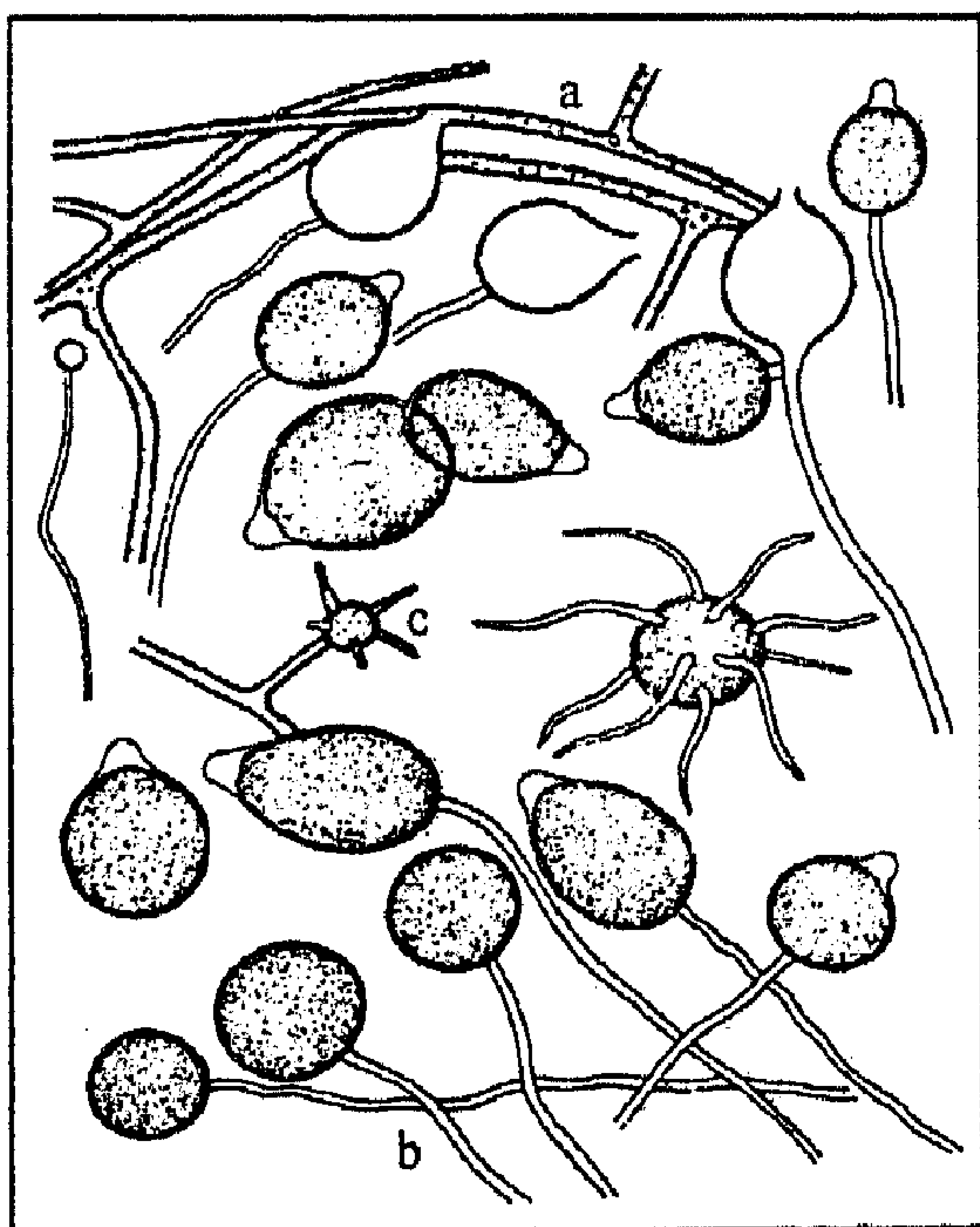

شكل رقم (٣-١-٤٨-ب):

للفطر *Phytophthora parasitica*

١) الحوامل الإسبورانجية والأكياس الإسبورانجية خارجة من الثغور.

٢-٤) إنبات الأكياس الإسبورانجية.

٥-٨) مراحل تكوين الجرثومة البيضية.



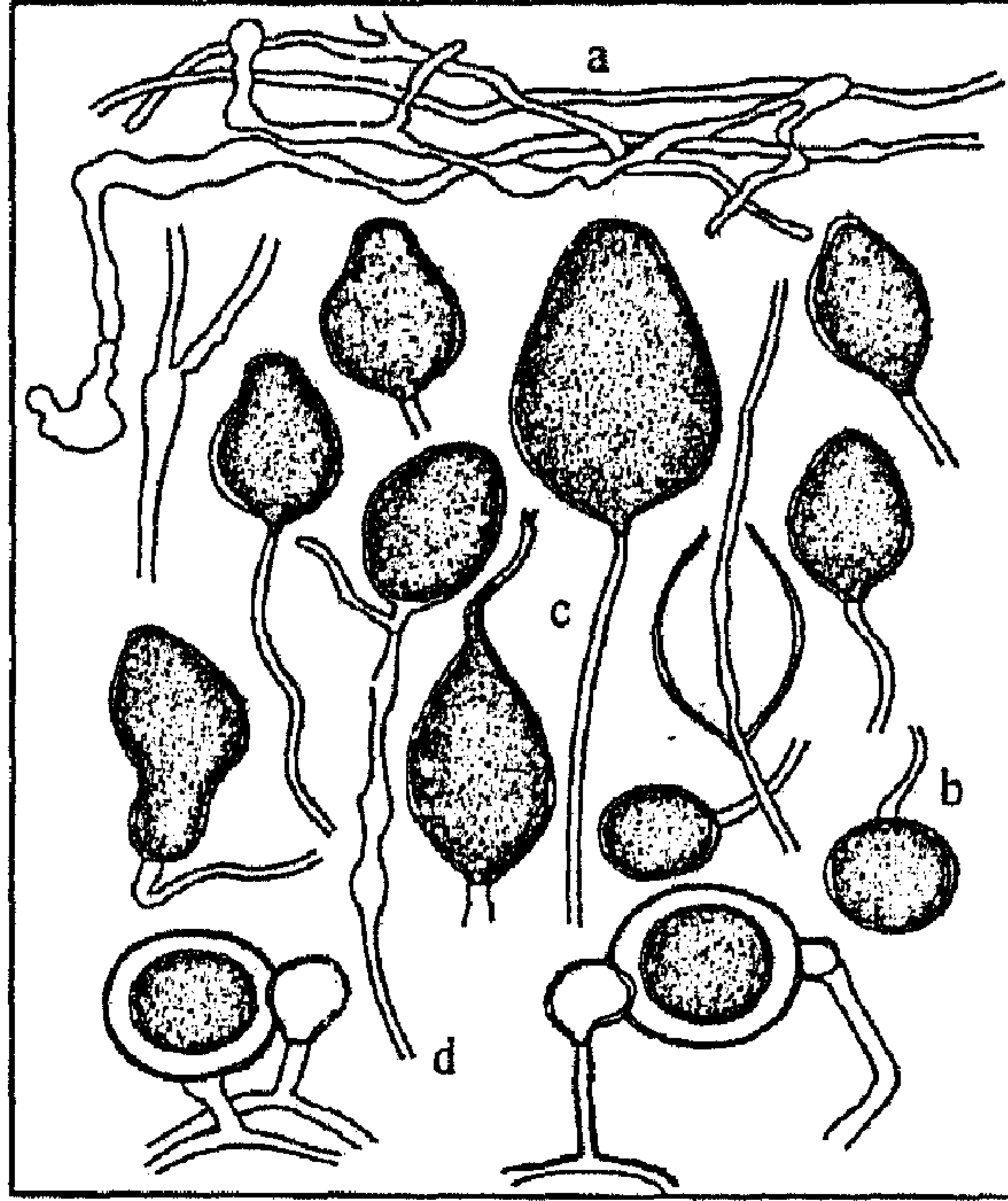

شكل رقم (٣-١-٤٨-جـ):

الفطر *Phytophthora parasitica*

a) الميسليوم.

b) جراثيم كلاميدية.

c) جرثومة كلاميدية نابتة.




شكل رقم (٣-١-٤٨-د): الفطر *Phytophthora parasitica var sojae*

a) الميسليوم.

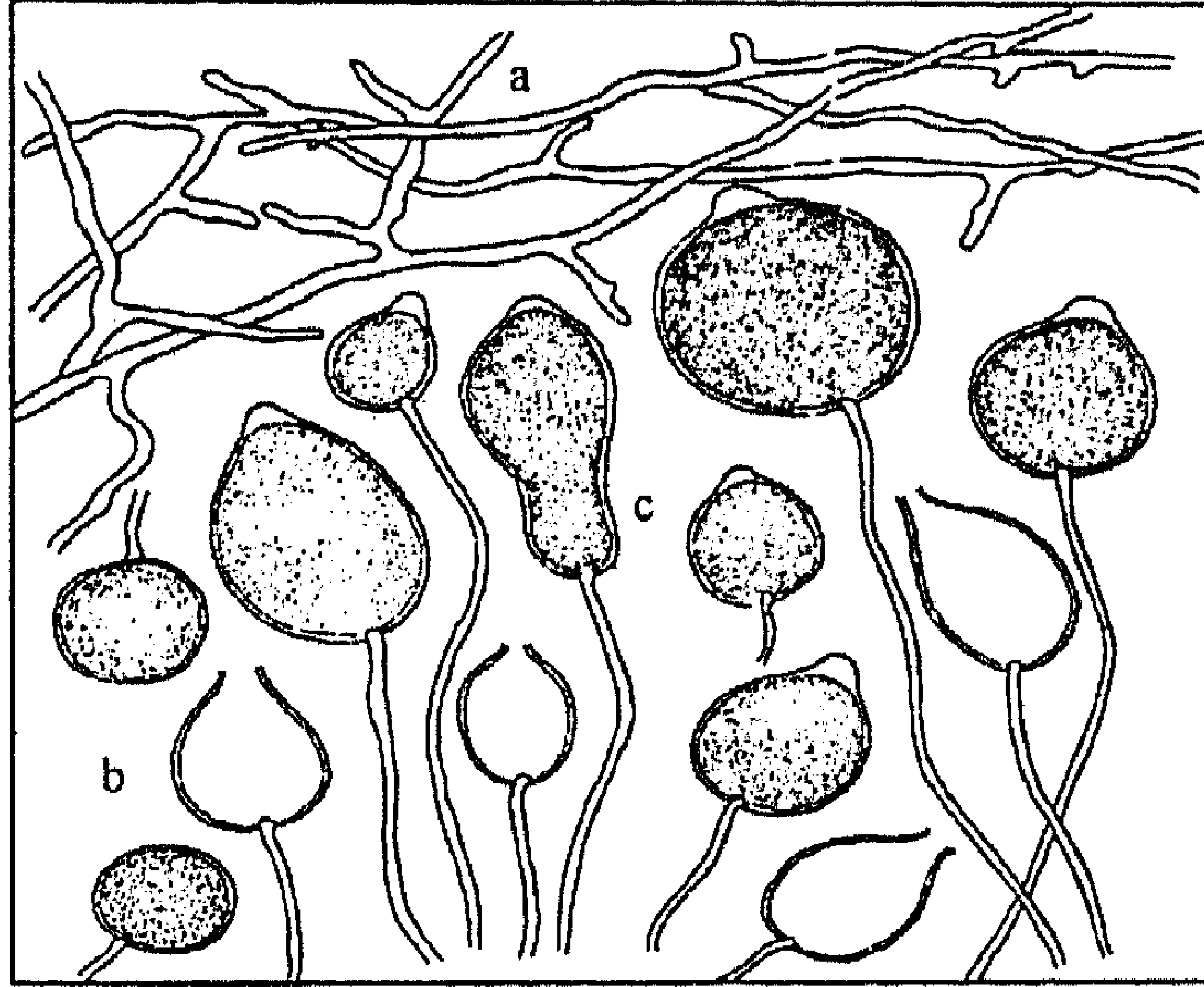
b) جراثيم كلاميدية.

c) أكياس إسبورانجية.

d) حوافظ بيضية وأنثريدات وجراثيم بيضية.

النوع ***Phytophthora palmivora***: من أكثر الأنواع انتشاراً على النباتات الاستوائية يصيب ٥١ نوع من ٢٩ عائلة نباتية يسبب عفن الجذور ويؤدي لتعفن الثمار الساقطة على التربة. يصيب أشجار الخبز على جزر المحيط الهادي وعفن الكاكاو في البرازيل والمكسيك وجواتيمالا ونيجريا. يسبب عفن للنخيل في أفريقيا وجنوب شرق آسيا. ويؤدي المطر إلى سقوطه في التربة، فيسبب عفناً لجذور الأشجار (الباباظ). وقد وجد أن حشرات الدروسوفيلا التي تتغذى على الثمار المصابة به تعمل على نقلة من مكان لآخر.

وينمو ميلسيوم الفطر ما بين الخلايا ويرسل ممصات داخلها (شكل رقم ٣-١-٤٩).




شكل رقم (٣-١-٤٩): الفطر *Phytophthora plamivora*

a) الميسليوم.

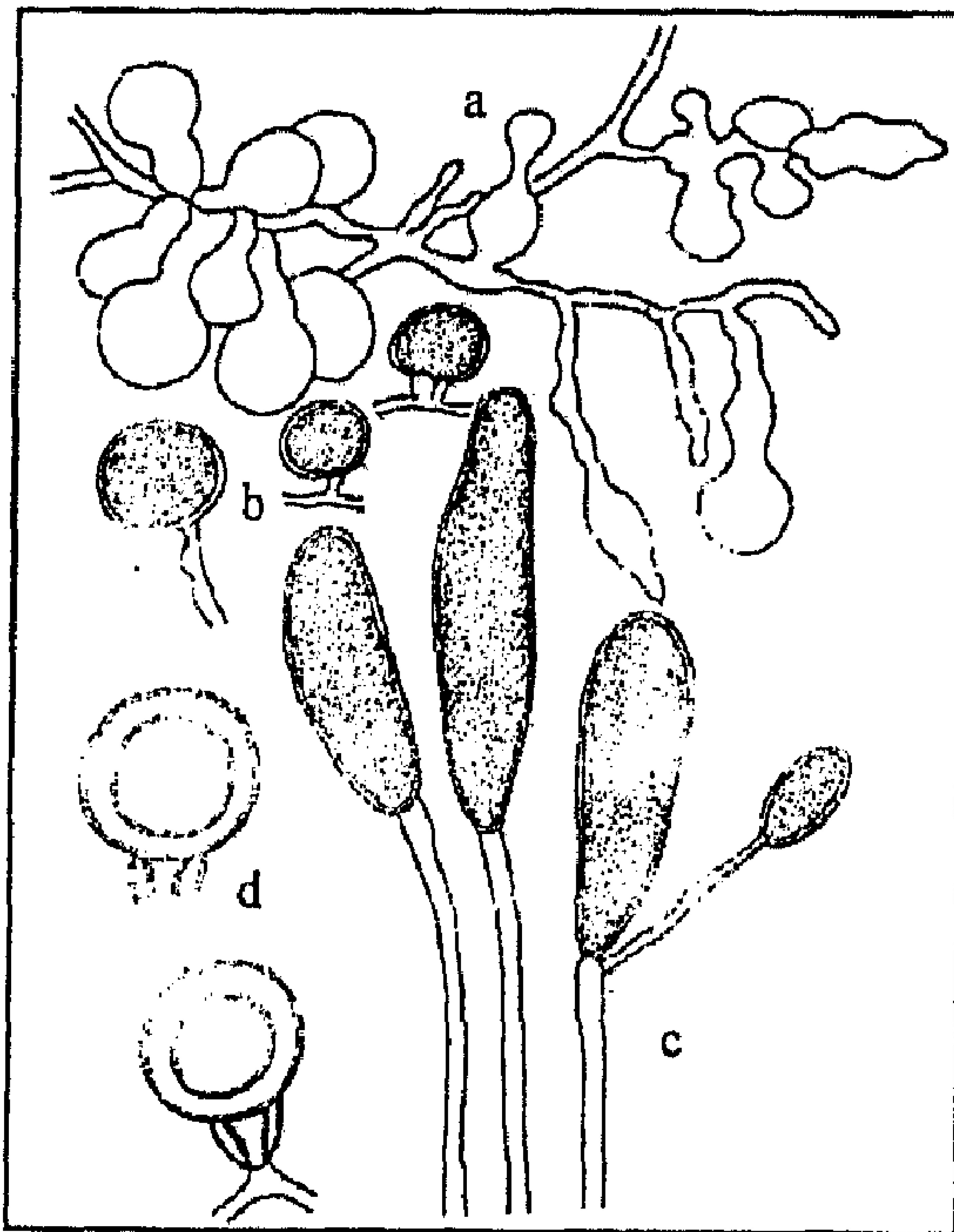
b) جراثيم كلاميدية.

c) أكياس إسبورانجية.

تؤكد الدراسات على احتواء هذا النوع على عدة سلالات متشابهة شكلياً، إلا أنها تختلف في السلوك التطفلي لها. وفي عام ١٩٢٢ قسم العالم Eshby سلالات هذا النوع إلى قسمين الكاكاو والجوافا، حيث تصيب سلالات الكاكاو هذا النبات فقط، والفطر غير متوالف ذاتياً، وقد وجد أن عزلات الجوافا تنتمي إلى $A_1$ وعزلات الكاكاو تنتمي إلى $A_2$.

وقد وجد أن العزلة من الفلفل لا تصيب إلا أصناف الفلفل المختلفة فقط وأن محاولات حقنها صناعياً في أكثر من ٤٣ نوع نباتي قد فشلت ويدل ذلك على وجود تخصص عوائلي ضيق المدى في داخل النوع واسع المدى العوائلي.

النـوع *Phytophthora cinnamomi*: واحـد مـن أكثـر الأنـواع تطفـلاً علـى النبات، عرف أولاً كمتطفل على الأفوكادو في سومطرة إلا أنه حاليـاً أمكـن عزلـه مـن بقـاع شتى. يصيب ٢١٢ نوع تنتمي إلى ١١٧ جنس من ٤٨ عائلة من عاريات البـذور وكاسـياتها. وأكثر عوائله هي النباتات الاستوائية وتحت الاستوائية. وفي المناطق البـاردة يصـيب الكـثير من أشجار الغابات. وخلافاً لأنواع الفيتوفثورا الأخرى، يستطيع الفطر المعيشة في التربـة وفي عدم وجود العائل يستطيع البقاء في التربة الرطبة حتى ٦٠ عاماً. أما في التربـة الجافـة فـلا يستطيع البقاء أكثر من ثلاثة أشـهر، تبقـى الجـراثيم الكلاميديـة والميسـليوم في التربـة أمـا الجراثيم البيضية فلا تتكون إلا على جـذور النباتـات المصـابة، ونـادراً مـا تتكـون الأكيـاس الإسبورانجية. ولتكوين الجراثيم البيضية، يجب إضافة بعض المنشطات المفرزة مـن كائنـات التربة، لذلك، ففي التربة المعقمة يفشل الفطـر في تكـوين الجـراثيم البيضـية كمـا يفشـل في تكوينها على البيئات الاصطناعية. (شكل رقم ٣-١-٥٠).




شكل رقم (٣-١-٥٠):

الفطر *Phytophthora cinnamomi*

a) الميسليوم.

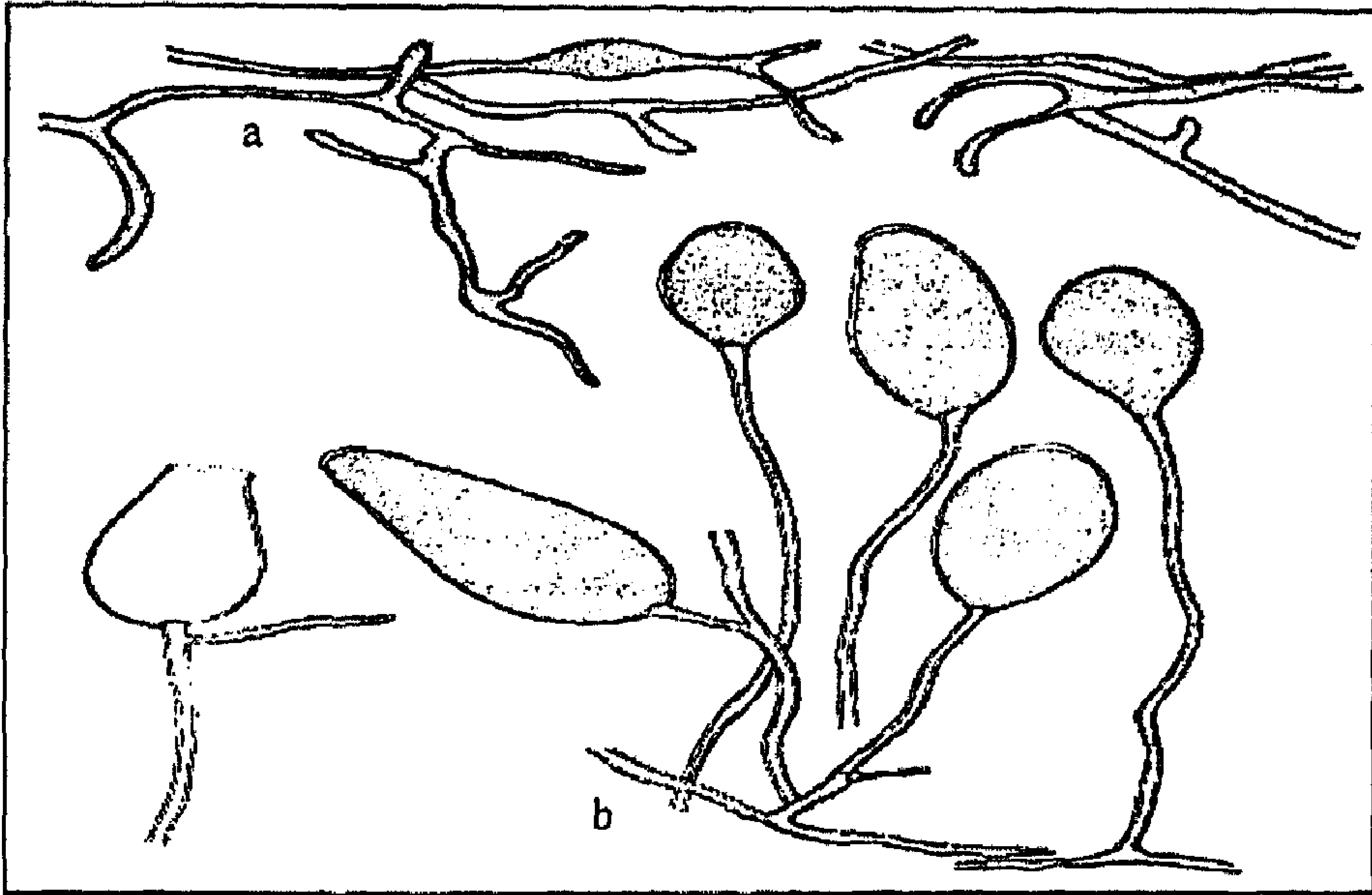
b) جراثيم كلاميدية.

c) أكياس إسبورانجية.

d) حوافظ بيضية وأنثريدات وجراثيم بيضية.

الفطر *Phytophthora syringae*: يتميز هذا الفطر بأن هيفاته غير متساوية السمك، يصل قطرها إلى ٦ ميكرومتر. هيفات الفطر الهوائية كروية إلى إهليلجية وهذه تختلف باختلاف العزلات. لا يعطي الفطر جراثيم كلاميدية. يعطي الفطر على الأوساط الغذائية حوامل إسبورانجية قطرها ٢ ميكرومتر تتفرع تعاقبياً. الأكياس الإسبورانجية بيضاوية متسعة إلى كمثرية مقلوبة على قدم قصيرة. الحوافظ البيضية كروية، متوسط القطر ٣٣ ميكرومتر تصل أحياناً إلى ٤٦ ميكرومتر. تنشأ الإنثربديوم جانبياً ١٠ × ٧ ميكرومتر، تملأ خلية البيضة فراغ الحافظة البيضية. (شكل رقم ٣-١-٥١).

يصيب الفطر النبات عن طريق الثغور، تنتشر الهيفات داخل الخلايا البارانشيمية للنبات العائل. وهو يسبب موت أوراق النبات *Foeniculum vulgare*.



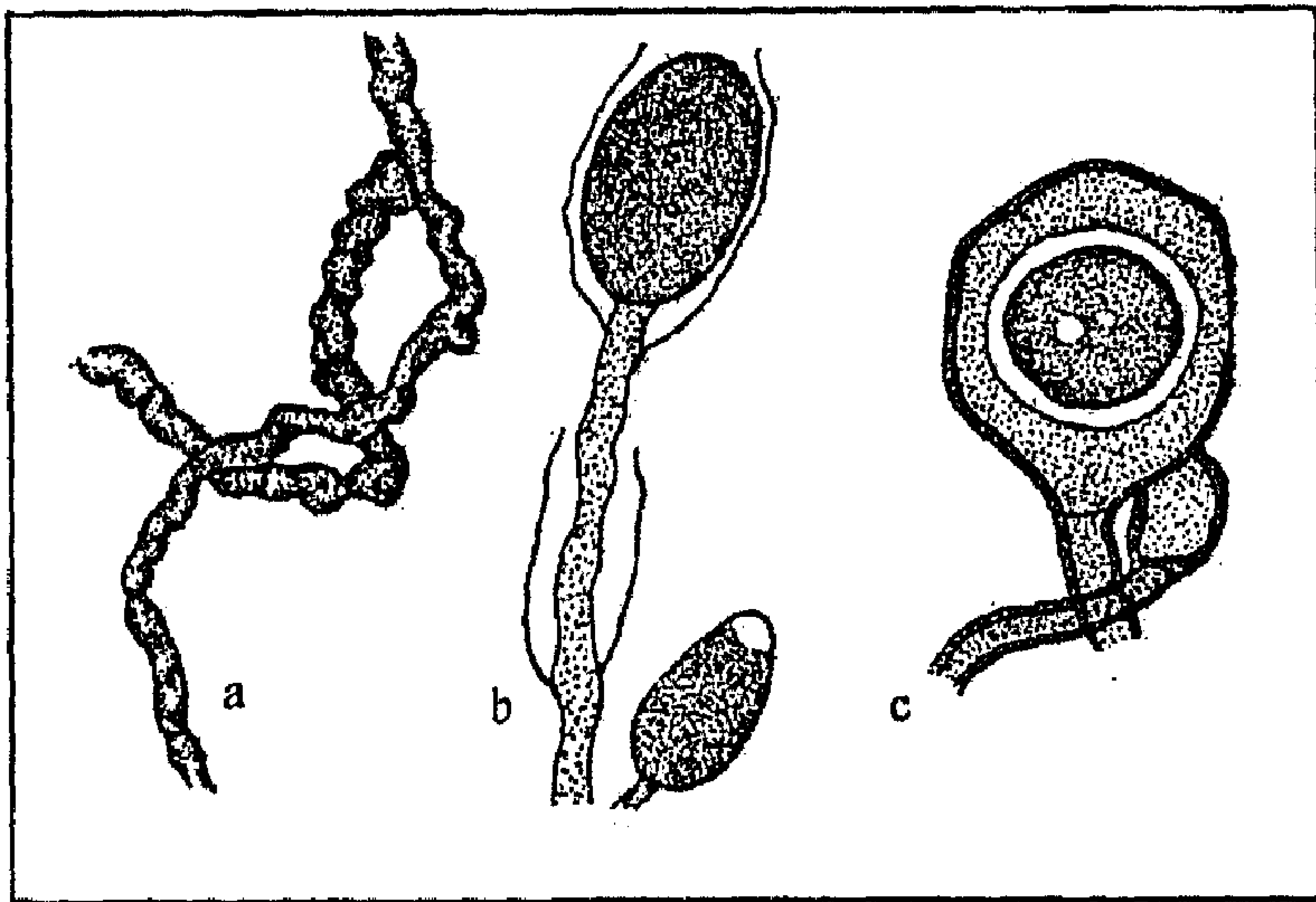

شكل رقم (٣-١-٥١):

الفطر *Phytophthora syringae*

a) الميسليوم. b) الأكياس الإسبورانجية.

الفطر *Phytophthora fragariae*: يتميز هذا النوع بأن الجوامل الإسبورانجية يصل طولها إلى ٨٠٠ ميكرومتر، وقد تتفرع أحياناً والكيس الإسورانجي كروي إلى إهليليجي بدون حلمة. الجراثيم البيضية كروية ٤٢-٤٤ ميكرومتر في القطر. الأنثريديوم جانبي ولم يشاهد لهذا الفطر أكياس إسبورانجية على الأوساط الغذائية ويصيب الفطر الأنواع التابعة للجنس Fragaria، ويسبب الفطر احمرار للأسطوانة الوعائية المصابة. (شكل رقم ٣-١-٥٢).

وللفطر صنفان *Ph.fragariae var fragariae* و *Ph. Fragaria v. rubi*، الأول يصيب (raspberry) *Rubus idaeus, Fragaria, Fragaria ananassa*، والثاني يصيب الفراولة كذلك.




شكل رقم (٣-١-٥٢): الفطر *Phytophthora fragariae*

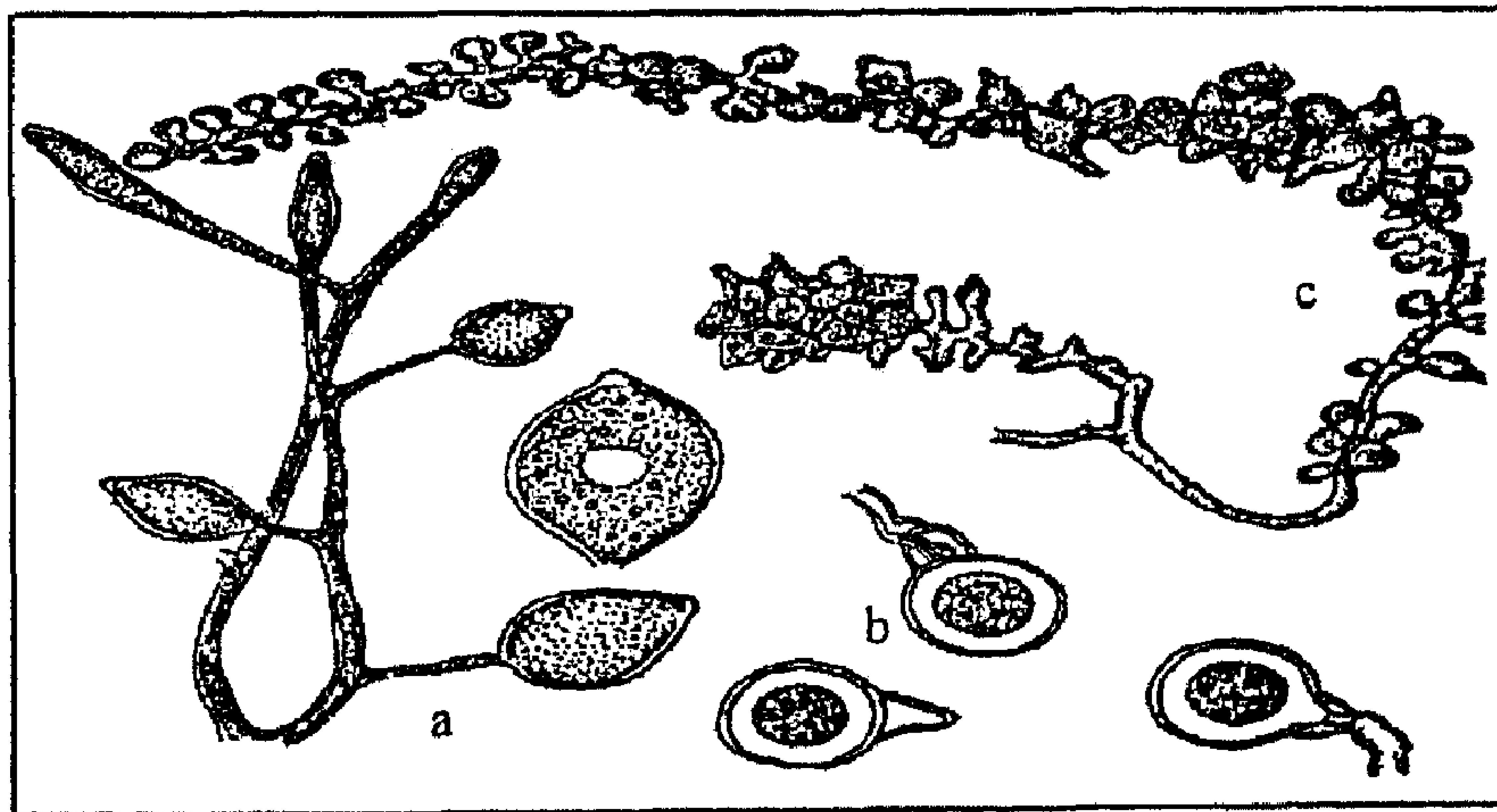
a) الشكل النموذجي لهيفا الفطر.

b) تكوين الأكياس الإسبورانجية.

c) الحوافظ البيضية والأنثريدة.

الفطر *Phytophthora phaseoli*: ميسليوم الفطر شديد التفرع ينمو ما بين خلايا العائل المصاب، يرسل ممصات قصيرة لداخل الخلايا، يخرج الحامل الكونيدي من الثغور بصورة مفردة. الكونيدات بيضاوية إلى إهليلجية تنبت بإعطاء أنبوبة إنبات أو جراثيم سابحة (حتى ١٥ جرثومة سابحة). يصيب أوراق وثمار الفاصوليا *Phasealus vulgaris, Ph. lunatus*.

الفطر *Phytophthora capsici*: يعطي الفطر حوامل كونيدية متفرعة (شكل رقم ٣-١-٥٣) الكونيدات بيضاوية، إهليلجية، كروية أو متطاولة وأحياناً غير منتظمة الشكل، الجراثيم البيضية بنية اللون، ٢٥-٣٥ ميكرومتر في القطر تنمو الحافظة البيضية داخل الإنثريدة. يصيب الفطر الفلفل الأحمر Capicum annuum حيث يصيب الأوراق والثمار.



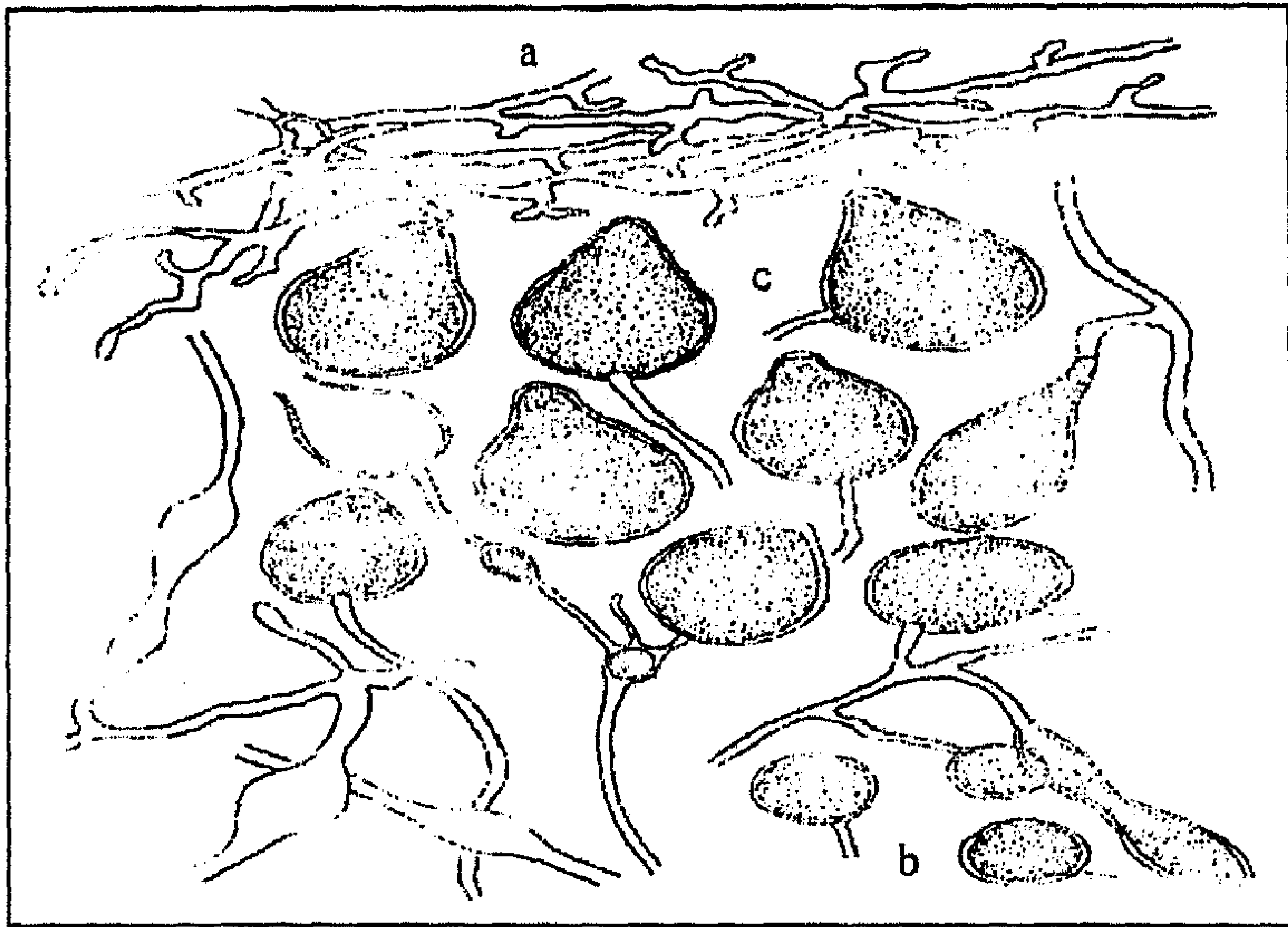

شكل رقم (٣-١-٥٣): الفطر *Phytophthora capsici*

a) الأكياس الإسبورانجية.

b) الحوافظ البيضية والأنثريدات.

c) نتوءات درنية الشكل على الهيفا.

◄ الفطر *Phytophthora citrophthora*: (شكل رقم ٣-١-٥٤) يصل سمك هيفا الفطر إلى ٧ ميكرومتر، الحوامل الإسبورانجية ٢-٥ ميكرومتر متباينة السمك، قد تتكون أكياس إسبورانجية بينية، مختلفة الأشكال والأحجام. تتكون أحيانا جراثيم كلاميدية، وقد لا تتكون على الإطلاق، لم يعرف وسيلة التكاثر الجنسي. يصيب الفطر ثمار الموالح فيؤدي لتكوين بقع بنية رصاصية سريعاً ما تنتشر في ظروف الرطوبة العالية. ينمو الفطر في نطاق خمسة درجات مئوية (الصغرى)، ٢٤-٢٨ المثلى والقصوي اثنان وثلاثون درجة مئوية. يصيب أوراق وثمار وسيقان الموالح Citrus. ويسبب المرض المعروف بتصمغ أشجار الموالح (شكل رقم ٣-١-٥٥).




شكل رقم (٣-١-٥٤): الفطر *Phytophthora citrophthora*

a) الميسليوم. b) جراثيم كلاميدية.

c) أكياس إسبورانجية.

الفطر *Phytophthora citricola*: وهو يرادف النوع *Ph. cactorum var. applanata* والفطر جيد النمو على الأوساط الغذائية، سمك الهيفا ٣–٥ ميكرومتر لا توجد جدر عرضية. الأكياس الإسبورانجية بيضاوية إلى إهليلجية مقلوبة والحوافظ البيضية كروية عديمة اللون إلى صفراء، الإنثريدات بيضاوية الشكل، جانبية النشأة، الجراثيم البيضية مركزية، عديمة اللون إلى صفراء، ١٨–٢٨ ميكرومتر في القطر، جدارها أملس سمكة ١–٢ ميكرومتر. (انظر شكل رقم ٣–١–٦٢).

يسبب الفطر عفناً لأشجار الليمون واليوسفي (شكل رقم ٣–١–٥٥) بالاشتراك مع الأنواع:
*Ph. syringae, Ph. citrophthora, Ph. parasitica, Ph. cinnamomi, Ph. cactorum, Ph. palmivora, Ph. drechsleri.*

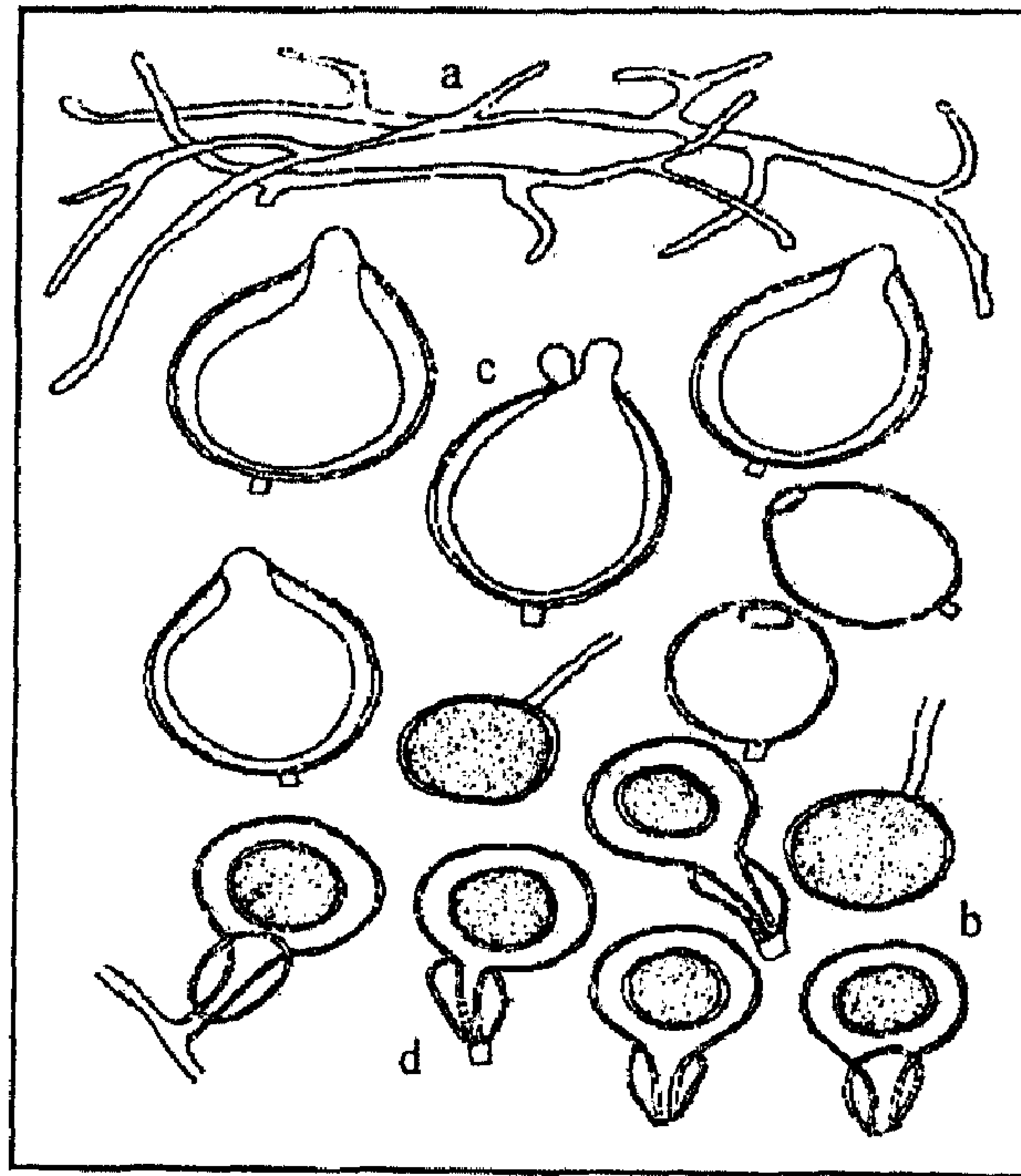


شكل رقم (٣–١–٥٥): الفطر Phytophthora citricola

الفطر *Phytophthora boehmeriae*: يصيب هذا الفطر نباتات الفصيلة *Rutaceae, Urticaceae* ونبات *Boehmeria nivea* وأنواع *Citrus*. يسبب بقعاً مستديرة على الأوراق – مائية – شفافة وفي النهاية تتعفن كل الورقة المصابة وقد يحدث

تساقط كامل أو جزئي لأوراق النبات وفي النهاية يموت النبات وتتعفن الثمار.

ينمو الميسلوم ما بين وداخل الخلايا، سمكها ٢,٥-٨ ميكرومتر بدون إنتفاخات، الجراثيم الكلاميدية يتراوح قطرها من ١٦ إلى ٥١ ميكرومتر، ذات ممصات أسطوانية وتتفرع على شكل قرصي. الحوامل الإسبورانجية بسيطة وتنمو بصورة متعاقبة، طولها ١٥-١٦ ميكرومتر وسمكها ٢-٣,٥ ميكرومتر، الأكياس الإسبورانجية بيضاوية إلى كمثرية أو كمثرية متطاولة في المتوسط ٤٢ × ٣٩ ميكرومتر. الحوافظ البيضية كروية، عديمة اللون أو رمادية، الإنثريدات أسفل الحافظة البيضية مستديرة إلى بيضاوية. (شكل رقم ٣-١-٥٦).



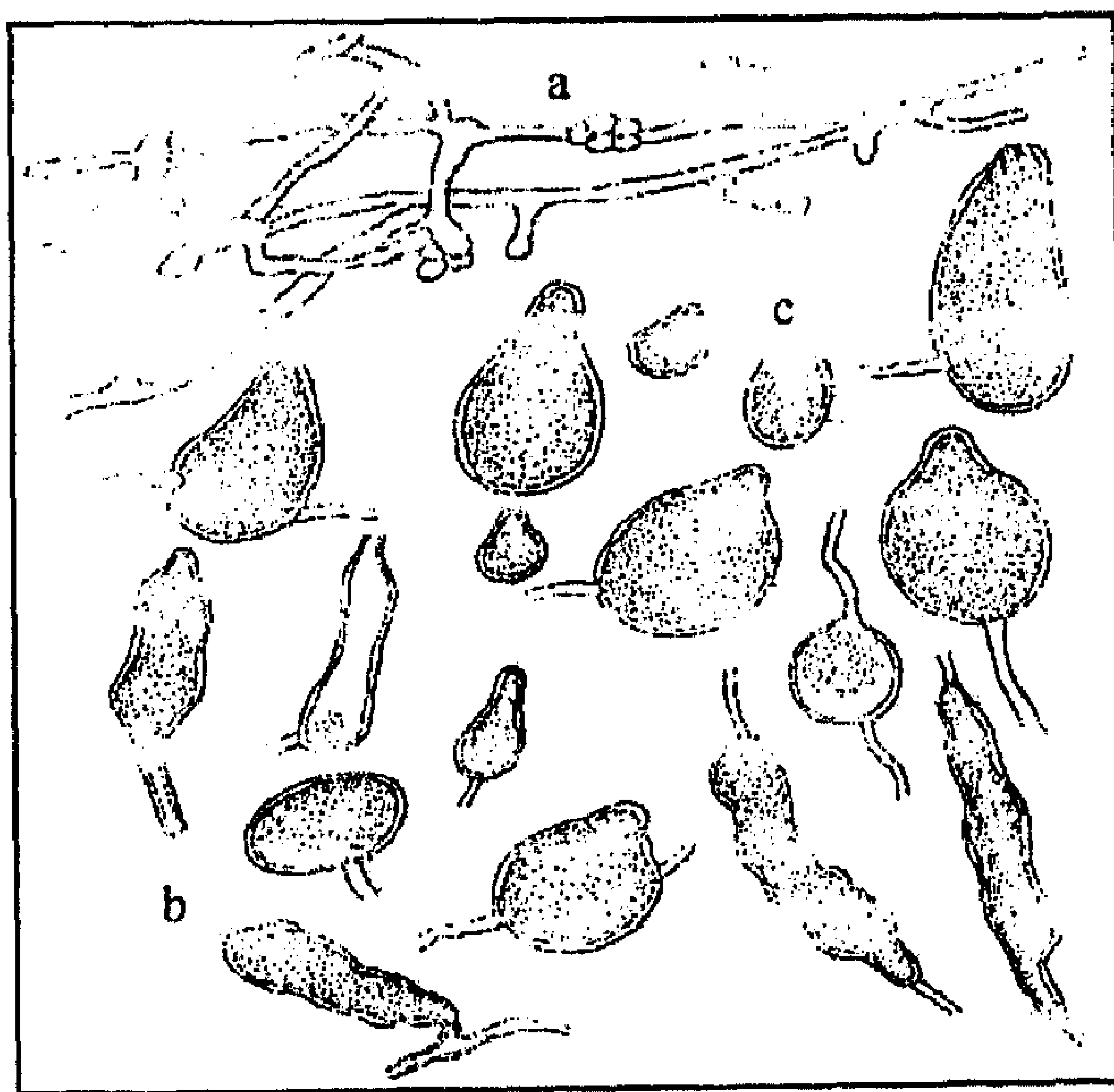

شكل رقم (٣-١-٥٦):

الفطر *Phytophthora boehmeriae*

a) الميسليوم. b) جراثيم كلاميدية.

c) أكياس إسبورانجية. d) حوافظ بيضية وأنثريدات وجراثيم بيضية.

النوع Phytophthora colcasiae: يصيب هذا النوع عدد هائل من العوائل النباتية منها نباتات العائلة الصليبية حيث يصيب أنواع الكرنب والقرنبيط والفجل والماثيولا كما يصيب من نباتات العائلة الوردية أنواع جنس *Fragaria* وكذا *Malus silvestris* ومن نباتات العائلة البقولية يصيب نباتات الترمس واللوبيا وغيرهم، ومن نباتات العائلة القرعية يصيب البطيخ والخيار والقرع ويسبب لفحة أوراق القلقاس *Colcasia eseulents*. يسبب الفطر على الأوراق بقعاً رمادية ويظهر على السطح السفلي للبقعة خيوط تجرثم الفطر. الميسليوم متفرع، يتراوح سمكه ٣-٤ ميكرومتر، وقطر الجراثيم الكلاميدية ٢٤-٣٠ ميكرومتر الحوامل الجرثومية بسيطة إلى متفرعة، تخرج من الثغور، الأكياس الإسبورانجية بيضاوية متطاولة، ذات حلمة طرفية، تنبت لإعطاء جراثيم سابحة. الحوافظ البيضية كروية ٢٤-٣٢ ميكرومتر، الإنثريدات أمفيجينية amphigynous (حيث تنمو الحافظة البيضية مخترقة الإنثريدات من أسفلها)، الجراثيم البيضية ٢٠-٢٨ ميكرومتر في القطر. (شكل رقم ٣-١-٥٧).




شكل رقم (٣-١-٥٧):
الفطر *Phytophthora colcasiae*
a) الميسليوم.
b) جراثيم كلاميدية.
c) أكياس إسبورانجية.

## ➢ تعريف أنواع جنس Phytophthora:

يتم تعريف أنواع جنس *Phytophthora* عموماً بملاحظة عدة نواحي شكلية. ومن الجدير بالذكر أنه يلزم تحديد الشكل المورفولوجي للأعضاء في ظروف موحدة. فمثلاً، باستخدام البيئات المتخصصة (صلبة مقابل سائلة)، ظروف الإضاءة، بالإضافة إلى التحكم في درجة الحراة وتثبيتها.

ولعزل الفطر *Phytophthora* من الأنسجة النباتية، فيتم ذلك بوضع النسيج المريض على الوسط الغذائي PARP.

(Medified from a Medium Originaly Described by Kannwischer and Mitchell (1978) Phytopathology 64: 1760-1765).

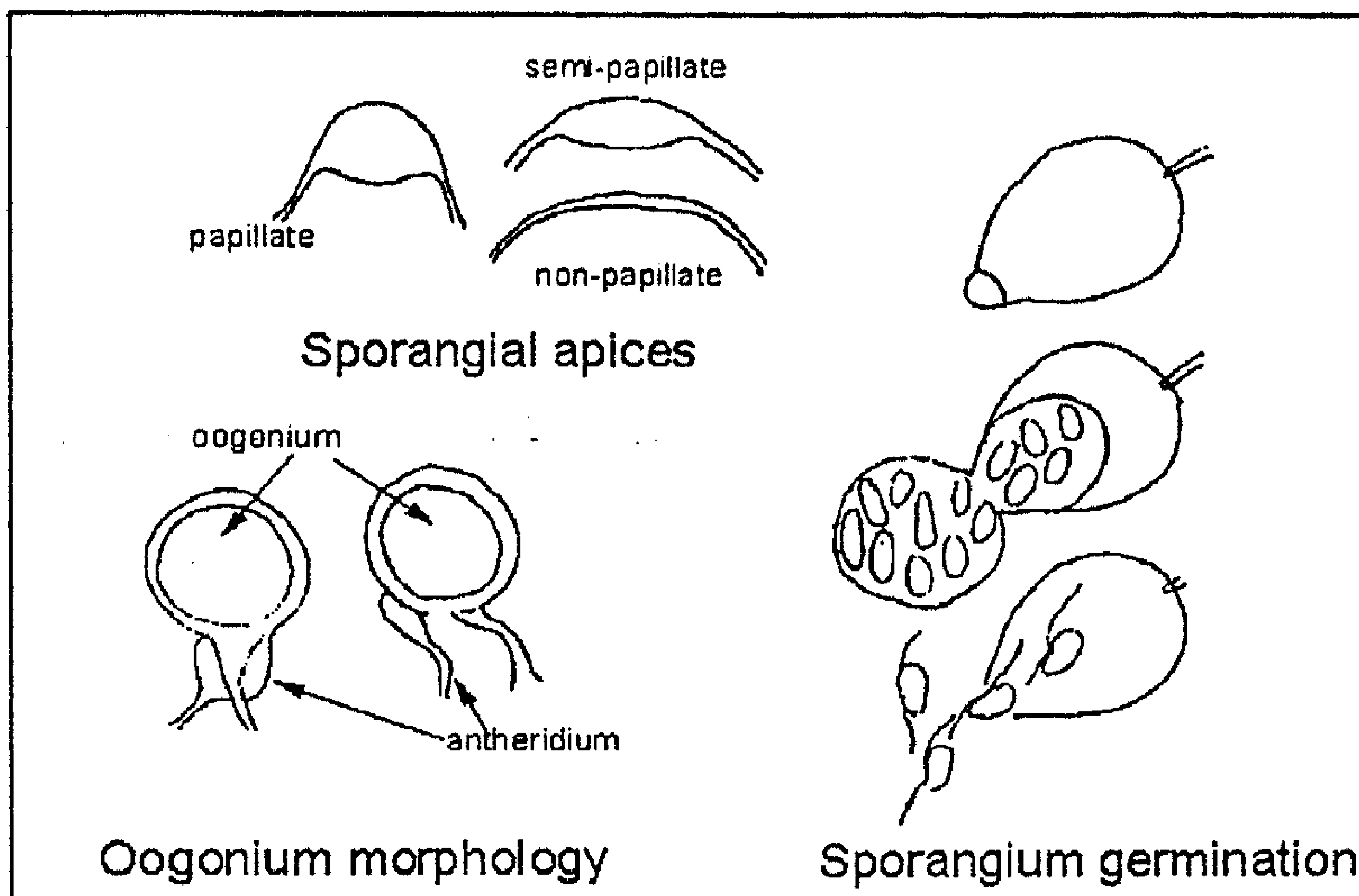
يتم تحضير وسط غذائي قبل وسط آجار قوالح الذرة أو البطاطس الدكستروز أو V8 jiuce أولاً ثم تعقم، عندما تبرد إلى ٤٥° م، يضاف المضادات الحيوية والمبيدات الفطرية. توزن أولاً ثم تذاب في مذيب، إما داي ميثايل سلفوكسايد (DMSO) أو ٩٥٪ كحول إيثانول، حيث نستخدم ٥ مل من المذيب/لتر بيئة . تضاف المضادات الحيوية (بيماراسين ١٠مج/لتر + أميسلين ١٠٠ مج/لتر + ريفاميسين ١٠ مج/لتر + PCNB ٧٥-١٠٠ مج/لتر. وذلك لمنع نمو أنواع *Pythium*. وفي حالة العزل من التربة وللتخلص من أنواع الجنس *Mortierella* يضاف البينومايل بمعدل ١٠ مج/لتر).

وعموماً، سوف تبدأ أنواع الجنس *Phytophthora* في النمو خلال ٣-٥ أيام.

## ➢ أهم الخواص الشكلية التي تميز جنس *Phytophthora*:

يتضح من (شكل رقم ٣-١-٥٨) أهم الخواص الشكلية لتعريف هذا الجنس، منها

قمة الكيس الإسبورانجي التي قد تكون ذات حلمة أو نصف حلمي أو بدون حلمة وكذا طريقة خروج الجراثيم السابحة من الأكياس وشكل الحافظة البيضية وطريقة الإخصاب.

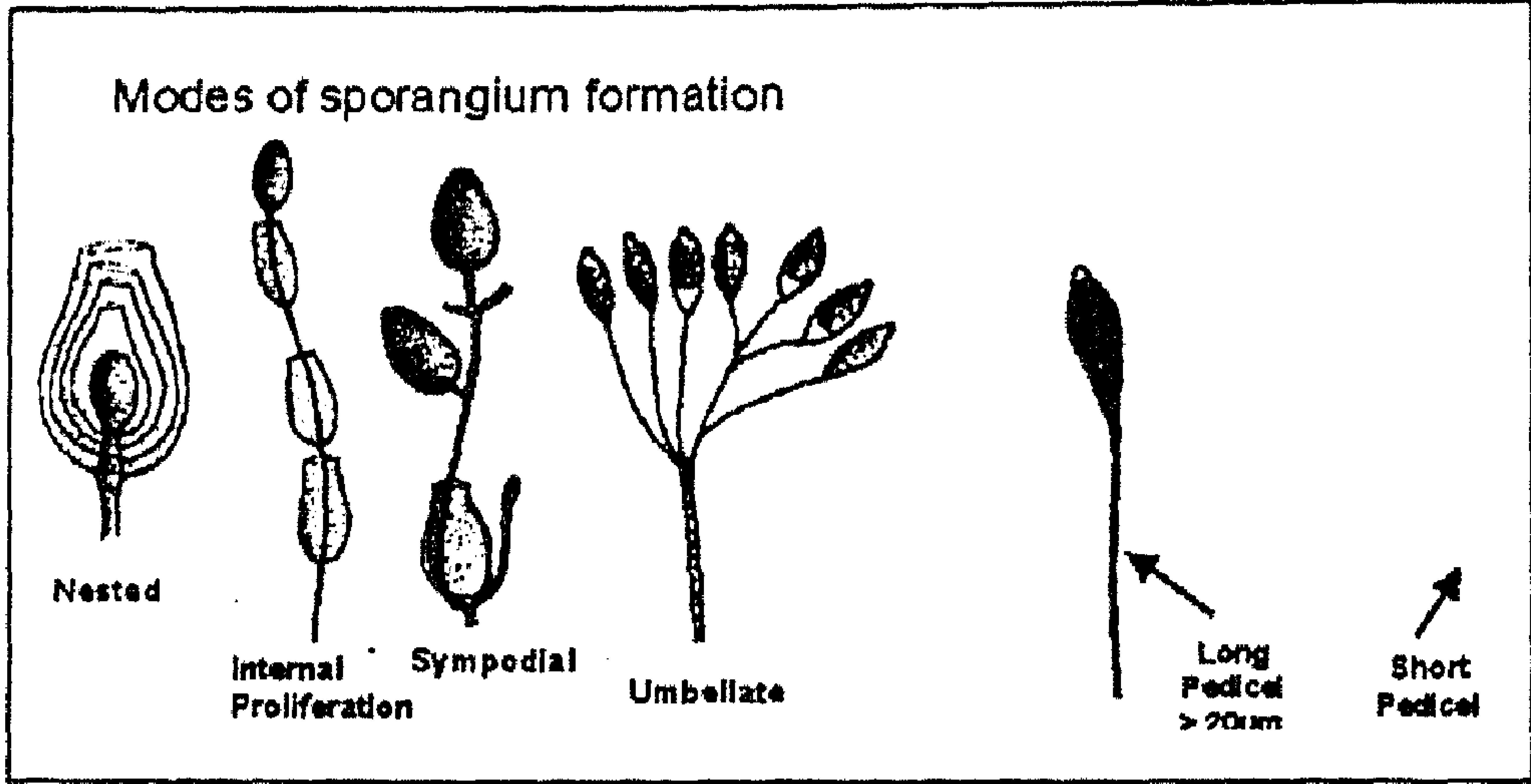



شكل رقم (٣-١-٥٨):

الخواص الأساسية لتعريف أنواع الجنس *Phytophthora*

## ➢ نظم تكوين الإسبورانجيات:

تعد أهم الخواص التي يعرف على أساسها أنواع جنس *Phytophthora*. تتفاوت طرق إحداث تكوين الإسبورانجيات طبقاً للنوع وتشمل التعرض لمختلف الأطوال الموجية الضوئية، التنمية في مزارع سائلة، محاليل الأملاح وأحياناً الماء غير المعقم أو مستخلصات التربة. كما تلعب درجة الحرارة، الضوء والحالة الغذائية لوسط النمو دوراً هاماً نمو وتكوين الإسبورانجيات. وقد يكون الكيس الإسبورانجي إما ثابت Persisteut أو Caducos (أي سريعة الزوال) من حواملها. وفي هذه الحالة فإنها تترك نتوء، هذا النتوء يكون طويلاً أو قصيراً حسب النوع (شكل رقم ٣-١-٥٩).

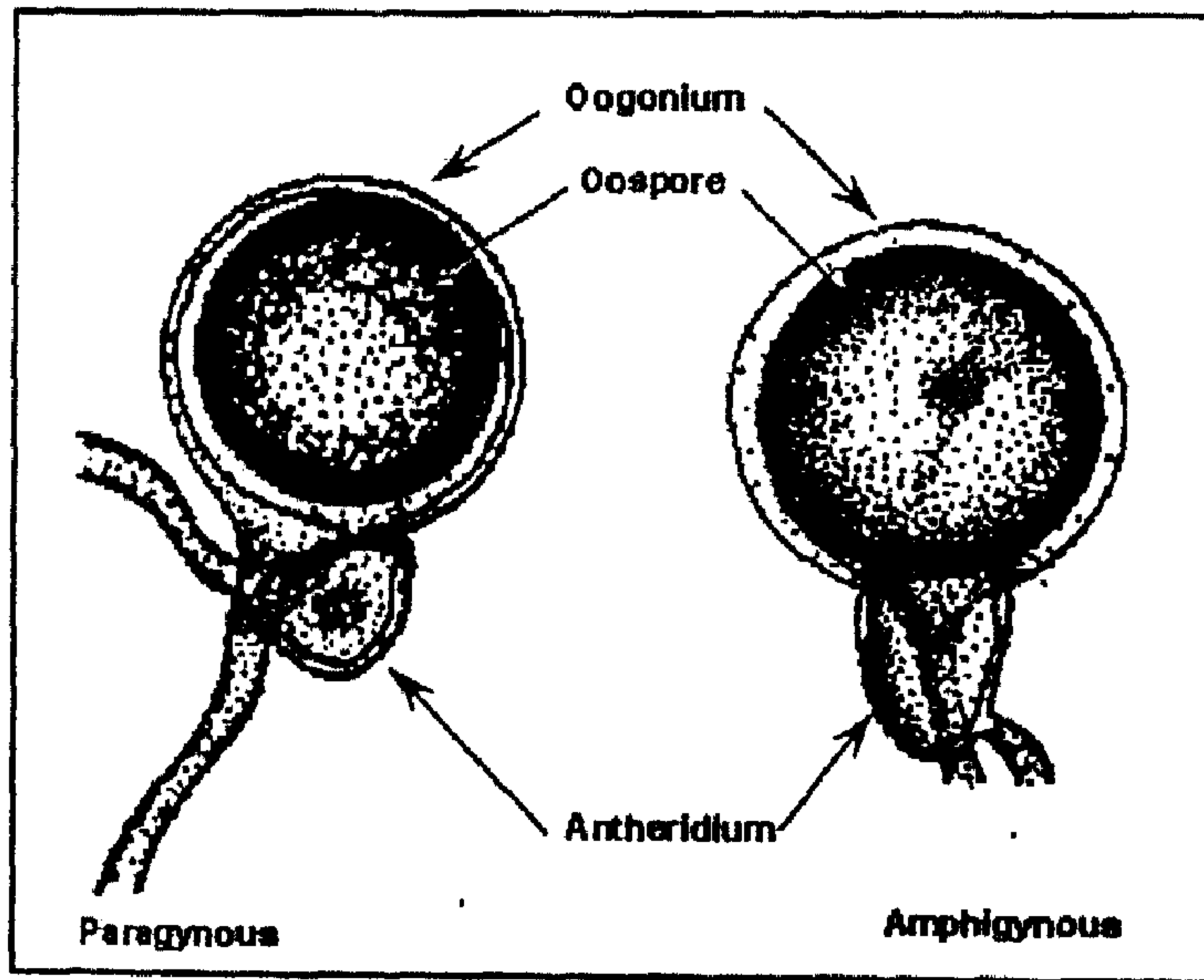



شكل رقم (٣-١-٥٩):

نظم تكوين الإسبورانجيات في أنواع الجنس *Phytophthora*

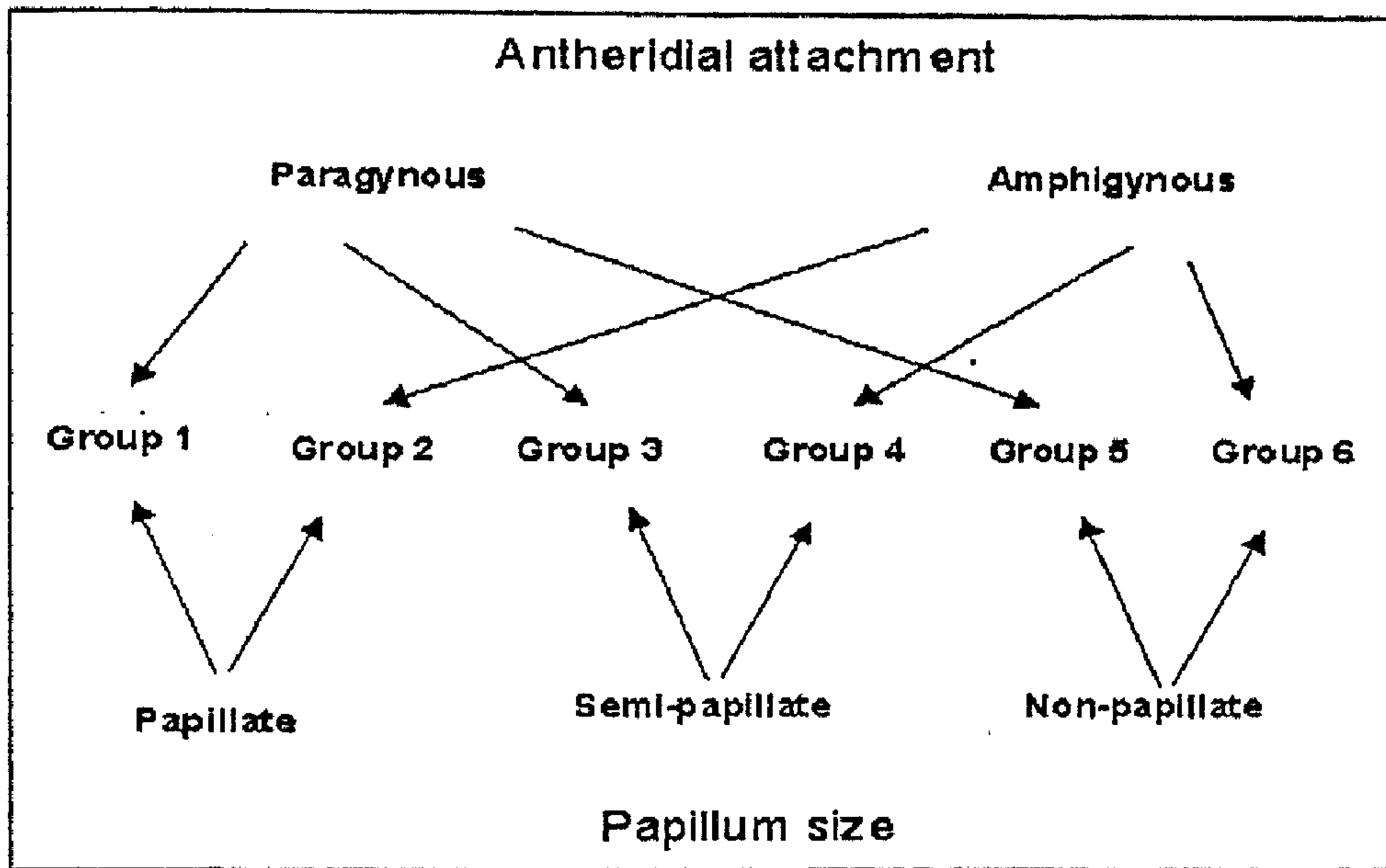
## ≺ طبيعة الإخصاب:

يوضح (شكل رقم ٣-١-٦٠) نظام الإخصاب في أنواع جنس *Phytophthora* والذي قد يكون amphigynonus أو paragynous كما في الشكل التالي:




شكل رقم (٣-١-٦٠): نظام الإخصاب في أنواع الجنس *Phytophthora*

وطبقاً لنظام الإخصاب مع صفة شكل الحلمة الطرفية في الكيس الإسبورانجي، تقسم أنواع الجنس *Phytophthora* إلى ستة مجاميع.




شكل رقم (٣-١-٦١): تقسيم وتعريف أنواع الجنس *Phytophthora*

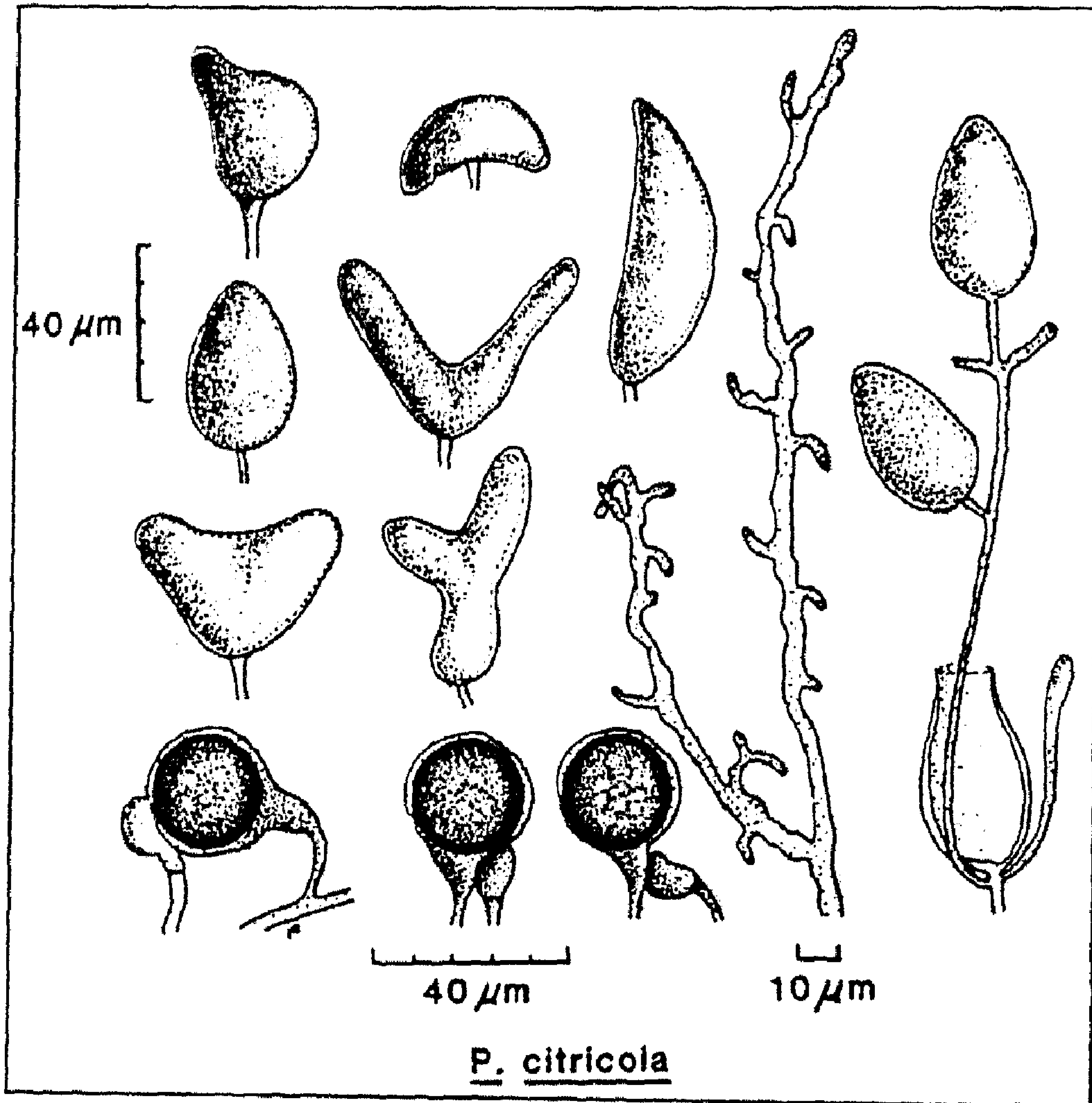
ويوضح (شكل رقم ٣-١-٦٢) وصفاً مختصراً للنوع *Phytophthora citricola*

حيث:

**Sporangia**: Semipapillate, Obpyriform-ovoid, offer deeply bifurcated, 30-75 um in length, 21-44 um in breath.

**Chlamydospores**: Abseut (rarely in culture).

**Oospore**: Homothalliuc, Antheridia Paragynous, Oogonia 18-15 um, Oospores 16-30 um, Pleurotic.




شكل رقم (٣-١-٦٢): الفطر *Phytophthora citricola*

شكل الأكياس الإسبورانجية المفصصة والتكاثر الجنسي وتكوين الجراثيم البيضية.

وفيما يلي مفتاح مبسط لأهم أنواع جنس *Phytophthora* الممرضة للنبات.

## مفتاح تقسيمي لأنواع الفيتوفثورا

أ- أنواع تعيش على النبات الحية أ ، أأ ، أأأ

- أنواع تعيش على بقايا النبات (ب)

أ- الحوافظ البيضية والإنثريدات والجراثيم البيضية دائمة التكوين (١)

- الحوافظ البيضية والإنثريدات والجراثيم البيضية نادرة التكوين أو غير معروفة أأ ، أأأ

١- الإنثريدات غالباً مجاورة للحوائط البيضية ونادراً ما تخترق الحافظة البيضية الإنثريدات(٢)

- الإنثريدات غالباً ما تخترقها الحوافظ البيضية (٧)

٢- الإسبورانجيات ذات حلمة طرفية، كروية أو بيضية (٣)

- الإسبورانجيات ليست ذات حلمة طرفية، ذات قمة مستوية، بيضية متطاولة (٤)

٣- الحلمة ذات قمة مرتفعة *Ph. cactorum*

- الحلمة ليست ذات قمة مرتفعة *Ph. citricola*

٤- على نباتات العائلة Cyperaceae *Ph. cyperi*

- على عائلات نباتية مختلفة (٥)

٥- لا ينمو على درجة ٣٥°م *Ph. syringae*

- ينمو على درجة ٣٥°م (٦)

- الجراثيم البيضية قطرها ٤١,٤ ميكرومتر، على نباتات العائلة Brassicaceae وغيرها *Ph. megasperma var megasperma*

- الجراثيم البيضية أصغر حجماً، على نباتات العائلة Fabaceae جنس *glycine* *Ph. megasperma var sojae*

٧- الإسبورانجيات ذات حلمة، كروية أو بيضية (٨)

- الإسبورانجيات مسطحة القمة، متطاولة - بيضية (١٠)

٨- الجراثيم الكلاميدية غائبة *Ph. capsici*

- الجراثيم الكلاميدية موجودة (٩)

٩- تنمو على التفاح وفي درنات البطاطس *Ph. boehmeriae*

- لا تنمو على التفاح ولا في درنات البطاطس *Ph. colocasiae*

١٠- تتكون الحوافظ البيضية عادة (١١)

- تتكون الحوافظ البيضية نادراً *Ph. cryptogea*

١١- توجد أو تغيب الجراثيم الكلاميدية (١٢)

- توجد تراكيب مشابهة للجراثيم الكلاميدية *Ph. erythroseptica*

١٢- على نباتات العائلة Rosaceae جنس *Fragaria* *Ph. fragariae*

- على نباتات العائلة Liliaceae *Ph. porri*

أأ. الحوافظ البيضية والإنثريدات والجراثيم البيضية نادرة التكوين في المزارع الوحيدة العزلة، ولكن عادة في المتزاوجة، الإنثريدات تخترقها الحوافظ البيضية (١٣)

- الحوافظ البيضية والإنثريدات غير معروفة iii

١٣- الإسبورانجيات ذات حلمة طرفية واضحة (١٤)

- الإسبورانجيات ليست ذات حلمة طرفية واضحة (٢٠)

١٤- الميلسيوم لا يحوي نموات متضخمة (١٥)

- الميلسيوم ذات نموات متضخمة (٢١)

١٥- الحوامل الإسبورانجية واضحة التميز عن الخيوط الفطرية (١٦)

- الحوامل الإسبورانجية ليست متميزة الوضوح عن الخيوط الفطرية الجسدية (١٨)

| | |
|---|---|
| ١٦- على نباتات العائلة Solanaceae | *Ph. infestons var infestans* |
| - على عائلات نباتية أخرى | (١٧) |
| ١٧- على نباتات العائلة Fabaceae جنس Phasealus | *Ph. infestans var phaseoli* |
| - على نباتات العائلة Rununculaceae | *Ph. infestans var thalictri* |
| ١٨- الإسبورانجيات كروية | (١٩) |
| - الإسبورانجيات كمثرية مقلوبة، ذات قمم مستوية | *Ph. palmivora* |
| ١٩- غالباً على جنس *Nicotiana* من العائلة Solanaceae | *Ph. nicotianae var nicotianae* |
| - على كثير من العائلات النباتية | *Ph. nicotianae var parasitica* |
| ٢٠- ينمو على درجة ٣٥°م | *Ph. drechsleri* |
| - يغيب عن النمو على درجة ٣٥°م | *Ph. richardii* |
| ٢١- ينمو في ورقات البطاطس | *Ph. cinnamomi* |
| - لاينمو في ورقات البطاطس | *Ph. cambivora* |
| أأأ. على عائلات نباتية عديدة | (٢٢) |
| ٢٢- على نباتات العائلة Poaceae جنس *Oryza* | *Ph. oryzae* |
| - على نباتات العائلة Rutaceae وغيرها | *Ph. citrophthora* |
| ب- على بقايا النباتات في الماء، الإسبورانجيات بيضية - كمثرية، الإنثريدات مجاورة للحوافظ البيضية | *Ph. gonapodyides* |

ولمن يرغب المزيد من الإطلاع على هذا الجنس عليه الرجوع إلى:

- Erwin, D.C. 1988. Phytophthora. Its Biology, taxonomy, Ecology, and Pathology. Edt. By Bartnicki Gracia. Editor P. It. Trsae.
- Newhook, F.J., Waterhouse, G.M. and Stamps, O.J. 1978. Tabuler Key to the Species of Ohytophthora de Bary Mycological Pappers, No. 143. Commonwealth Mycological Society, Kew Surrey, England, 20pp.
- Waterhouse, Grace M. 1963 Key to the Species of Phtophthora de Bary

Mycological Pappers, No. 92. Commonwealth Mycological Society, Kew Surrey, England, 22pp.

## ٣-١-٧ رتبة البرنوسبورات

## Order Peronosporales

هذه الرتبة هي أكبر رتب شعبة البيضيات، وتضم فصيلتين هما الفصيلة البرنوسبورية Family Peronosporaceae (مسببات البياض الزغبي) والفصيلة الألبيوجينية Family Albuginaceae وتحوي مسببات الصدأ الأبيض.

تعد الأنواع التابعة لهذه الرتبة الأكثر رقياً وتطوراً في شعبة البيضيات فمن ناحية الخواص العامة فهي تختلف عن ما سبق من رتب. فكل الأنواع فوق أرضية، لا تعيش إلا على نباتات حيه، حيث أنها متطفلات إجبارية تصيب النباتات في جميع أطوار حياته، وتؤثر عليه تأثيراً بالغاً. وفي بقايا النباتات المصابة، تتواجد بصورة كامنة حيث تعيش للمرحلة الخضرية التالية، وهكذا يستمر وجودها من عام لأخر.

وعلاقة هذه الرتبة بالبثيالات، لا تكمن في التشابه الشكلي فقط ولكن في بعض الخواص المعيشية فبعضها (وليس الكثير) تستعمر جذور النباتات مثل النوع *Plasmopara helianthi* والنوع *Peronospora ficariae*، كما لا زالت بعض الأنواع تنبت إسبورانجياتها بتكوين جراثيم سابحة ذات سوطين. غالبية الأنواع تستعمر أوراق النباتات.

**وفيما يلي مفتاح مبسط لفصيلتي رتبة البرنوسبورات:**

- الميسليوم بين الخلايا ذو ممص كبير، مفصص، الحوامل الإسبورانجية الكونيدية ذات تفرع ثنائي، الإسبورانجيات – الكونيديات تتولد على نتؤات pedicele
Family Peronsporaceae

- الميسليوم بين خلوي، ذو ممص صغير كروي الشكل، الحوامل الاسبورانجية الكويندية تحمل على قمتها سلاسل الإسبورانجيات Family Albuginaceae

## ٣-١-٧-١ الفصيلة البرنوسبورية

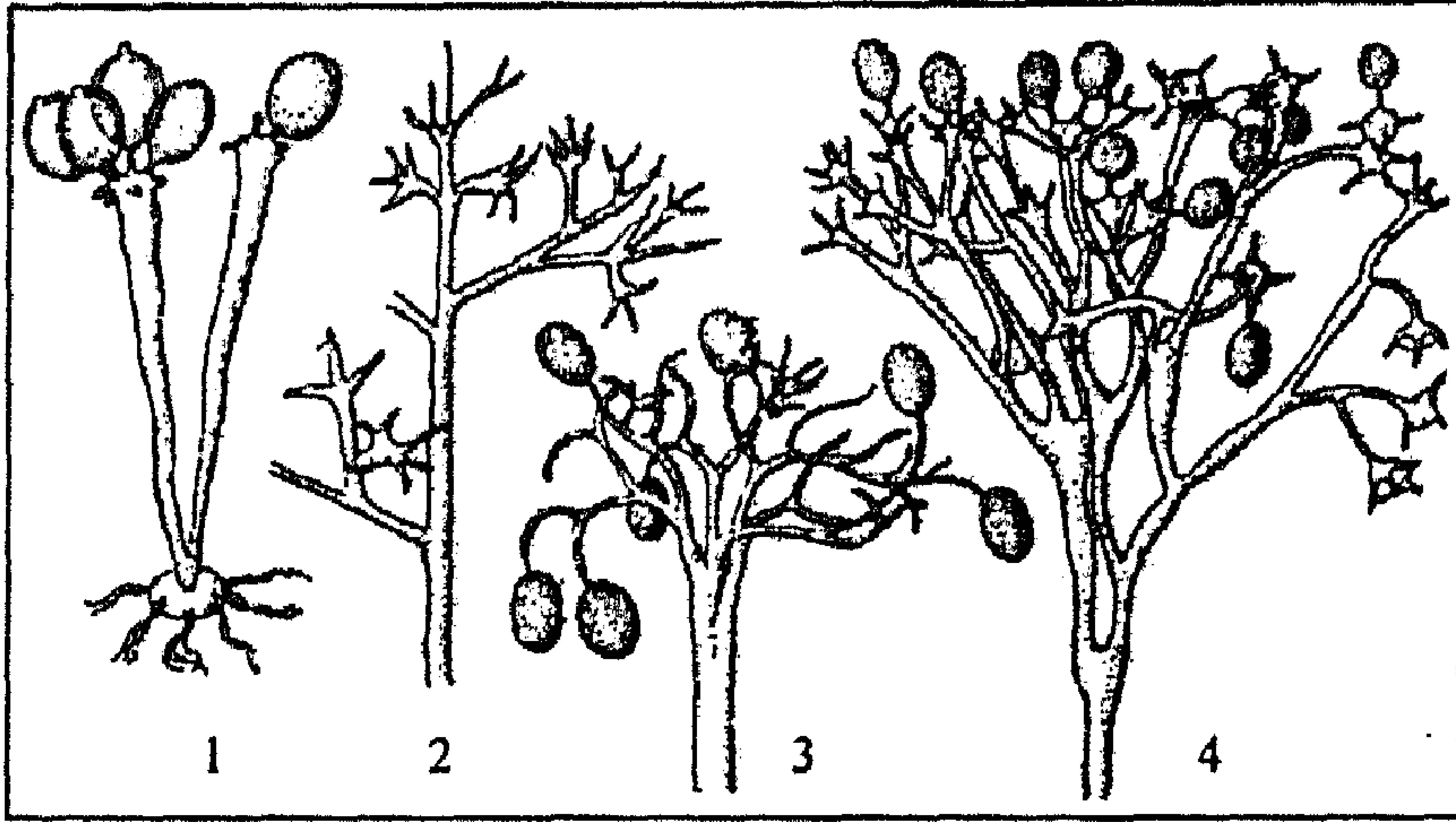
## Family Peronosporaceae

تضم هذه الفصيلة ثمانية أجناس تحوي عدد كبير من الأنواع. تعرف جميعها بمسببات أمراض البياض الزغبي (شكل رقم ٣-١-٥٨)، من أهم هذه الأجناس:

*Bremiella* , *Basidiophara* , *Bremia*, *Peronoplamopara* , *Paraperonsora* , *Plasmopara* , *Peronospora* , *Pseudoperonospora*.

غالبية الأنواع تستعمر أوراق النبات، إلا أن بعض الأنواع تصيب الأزهار مثل النوع *Peronospora corollae* والنوع *P.radi*. يحدث التكاثر الجنسي في هذه الفصيلة بإنتاج إسبورانجيات، هذه إما تسلك مسلك الجرثومة الكونيدية فتنبت بإعطاء أنبوبة إنبات أو أنها تنبت إنبات غير مباشر فتعطي جراثيم سابحة ذات سوطين. وليس لأي منها أية تراكيب مقاومة للظروف غير المواتية.

تختلف الحوامل الجرثومية لهذه الأجناس اختلافاً تركيبياً بيناً. إلا أن الخواص العامة لها (باستثناء الجنس Basidiophora) أنها شجرية التفرع. وتدل العلامات التركيبية لهذه الأجناس على وجود اتجاهين أساسيين للتطور أدت إلى هذا التنوع الشكلي أحدهما هو تفرع معقد للحامل – الإسبورانجي يبدأ من البساطة إلى التعقيد وهذا ما نجده في الأجناس *Peronospora* , *Plasmopara* الاتجاه الثاني وهو ظهور اتجاه جديد في الحامل الإسبورانجي، وحيث تتسع القمة (غير متفرع في الجنس *Basidiphora*) ومتفرع في الجنس *Bremia* (شكل رقم ٣-١-٦٣).




شكل رقم (٣-١-٦٣): الحوامل الجرثومية لفطريات البياض الزغبي

1) الجنس *Basidiophora*.

2) الجنس *Plasmopara*.

3) الجنس *Peronospora*.

4) الجنس *Bremia*.

ومن المعتقد أن الاتجاه الأول قد ظهر مبكراً عن الثاني وذلك طبقاً للدراسات التطفلية لأنواع هذه العائلة.

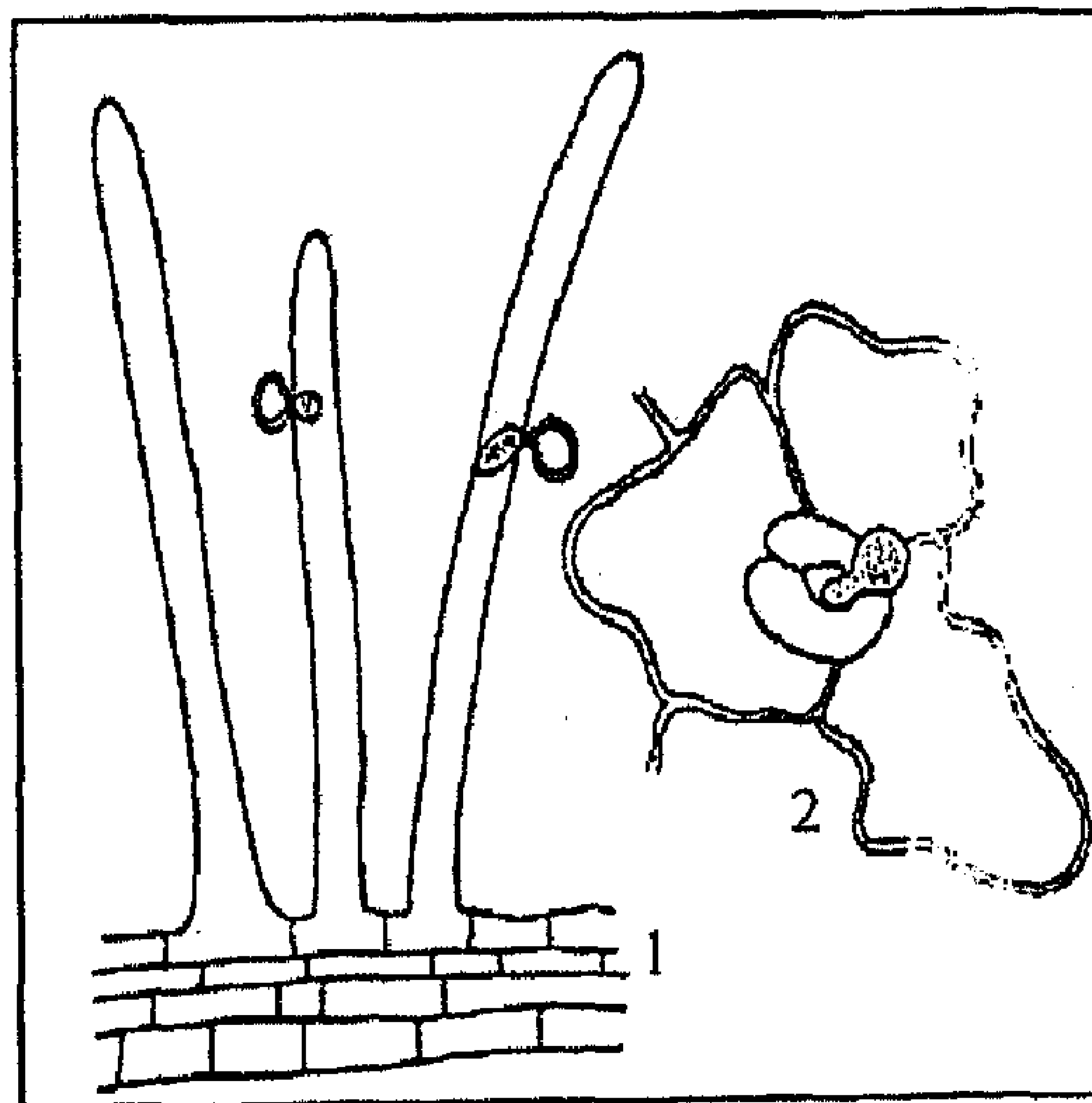
يظهر البياض الزغبي مبكراً على النبات، حيث تظهر على الأوراق الفلقية والأوراق الحقيقية، الأزهار، الثمار، نادراً على السوق والجذور. وتحدث أحياناً بقع موضعية وغالباً منتشرة على كل النبات.

يمكن اكتشاف وجود المسبب، حيث يظهر على السطح العلوي للأوراق بقع خضراء باهتة، زاوية أو منتشرة، تتحول إلى البني تدريجياً. وعلى السطح السفلي نمو أبيض إلى رمادي، رمادي محمر إلى رمادي صدئ وتؤدي الإصابة الشديدة إلى تعطيل نمو النبات وضمور أزهاره وثماره وقد يؤدي إلى جفافه وموته، ويحدث انتشار الطفيل كما تحدث

العدوى طوال مرحلة النمو الخضري للنبات ويؤدي الجو الحار الجاف إلى منع حدوث الإصابة وتوقف نمو الطفيل، وتفضل مسببات البياض الزغبي عموماً الجو البارد الرطب.

ينمو الميسليوم بين الخلايا ويرسل ممصاته (فقاعية، إصبعية، بسيطة أو متفرعة) داخل الخلايا. ولا يخرج الميسليوم إلى سطح النبات مطلقاً، إنما الذي يظهر هو الحوامل الجرثومية له، خارجه من الثغور، حاملة الأكياس الإسبورانجية، وهذه تنتشر بالرياح وتعيد الإصابة إما بالإنبات المباشر أو الغير مباشر بتكوين جراثيم سابحة حسب النوع. ويدخل الفطر النبات عن طريق الثغور وقد يتطرق داخله عن طريق اختراق الشعيرات الجذرية كما في الفطر *Plasmopara helianthi* (شكل رقم ٣-١-٦٤).

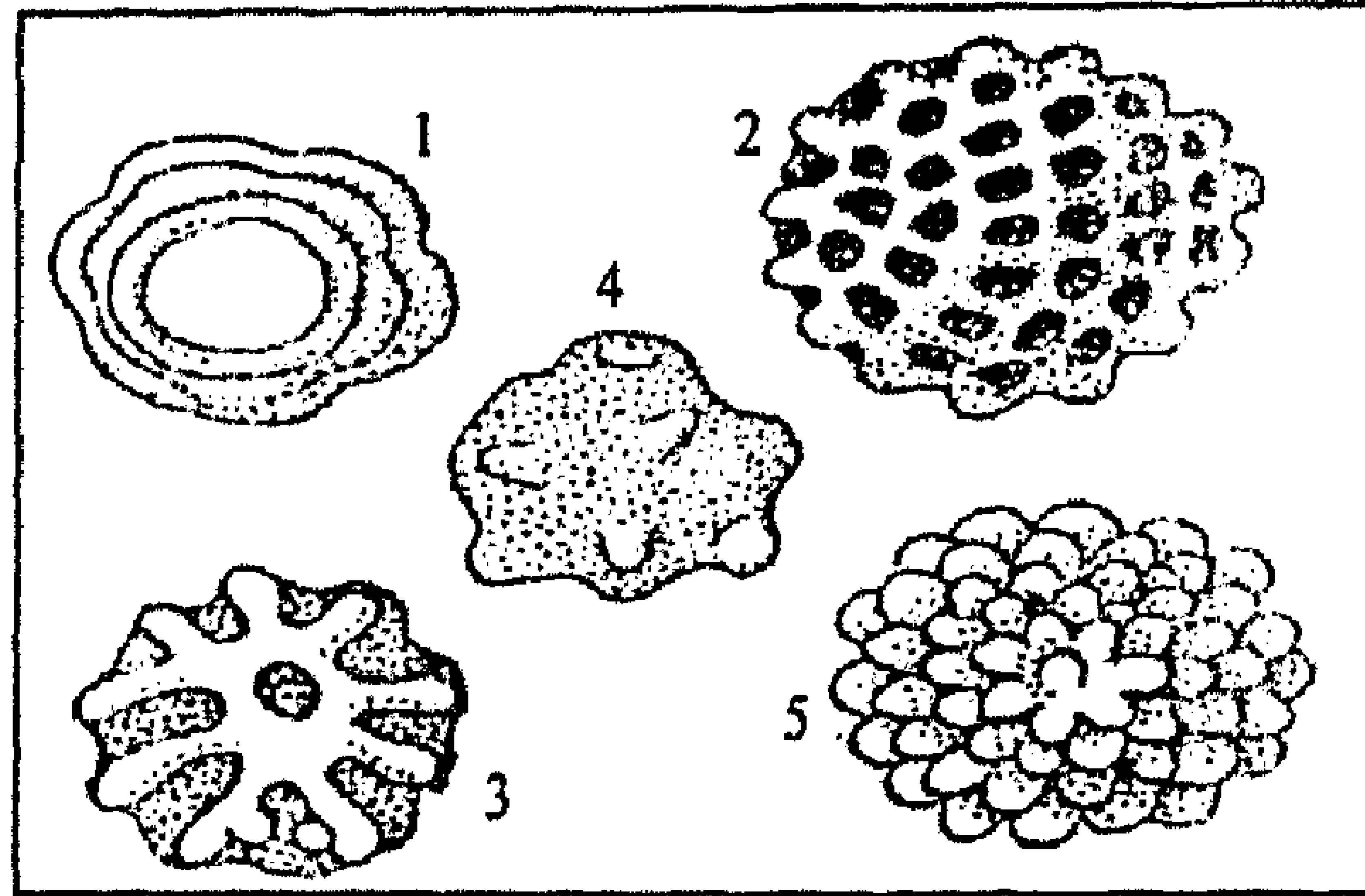
تتكون الجراثيم البيضية داخل أنسجة النبات المصاب وتتكون عادة في الربيع. ويبدو أن تكون الجراثيم البيضية يكون أكثر ارتباطاً بالظروف الجوية. حيث تتكون في ظروف الصيف الحار الجاف والخريف البارد (شكل رقم ٣-١-٦٥).




شكل رقم (٣-١-٦٤): اختراق أنابيب الإنبات للنبات

1) اختراق الفطر *Plasmopara helianthi* الشعيرات الجذرية لنبات دوار الشمس.

2) اختراق الفطر *Plasmopara viticola* لأنسجة العنب خلال الثغور.




شكل رقم (٣-١-٦٥): الجراثيم البيضية لبعض فطريات رتبة البروتوسبورات

1) النوع *Plasmopara asterea*. 2) النوع *Plasmopara helianthi*.

3) النوع *Plasmopara herniaris*. 4) النوع *Plasmopara tropicus*.

5) النوع *Plasmopara candidus*.

ويعتبر دور الجراثيم البيضية في دورة حياة الفطر أمراً مشكوكاً فيه في بعض الأنواع حيث فشلت كثير من محاولات إنبات الجراثيم البيضية معملياً في بعض الأنواع. وفي هذه الحالة نجد أن الفطر يكمن من موسم لأخر في الأجزاء النباتية أو الجذور أو البذور.

وبالرغم من أن كل فطريات البياض الزغبي متطفلات إجبارية، إلا أن لكل منها مع عوائله علاقة خاصة به. ففي بعض الحالات نجد أن الفطر لا يدخل النبات إلا عن طريق الشعيرات الجذرية، نجد أن آخر لا يدخل النبات إلا عن طريق ثغر، وفي حالة ثالثة تخترق بشرة النبات مباشرة والكثير منها متخصص على أحد أعضاء النبات دون غيره.

بعض الأجناس متخصص على عائلات نباتية بعينها:

فالجنس *Plasmopara* يصيب الفصيلة العنبية والفصيلة الخيمية. والجنس *Peronosora* البقولية، الصليبية وغيرها. وقد يحدث أن تصاب عائلة نباتية بعدة أجناس من البياض الزغبي فعلى العائلة الجاروتية نجد جنس *Peronespora, Plasmorara*

وعلى العائلة المركبة *Plasmopara, Basidiaphora, Bremia, Peronospora* إلا أنه يجب القول أن هذه الأجناس تصيب أجناس محددة في هذه العائلات النباتية ولا يحدث أن يصيب جنسين من الفطر جنس نباتي واحد.

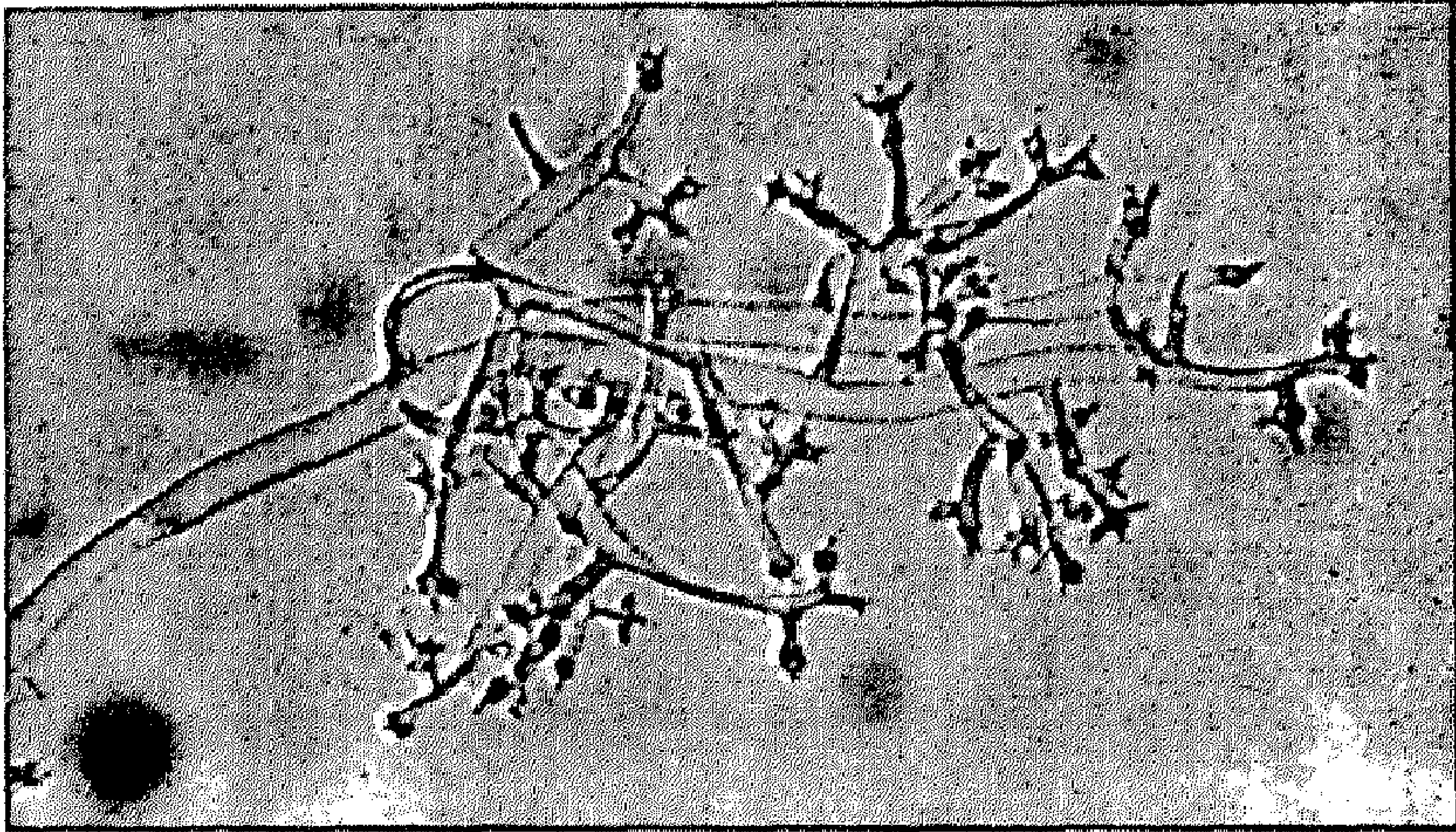
ويحدث التخصص التطفلي بصورة واضحة في فطريات البياض الزغبي حيث لا يصيب أحد الأجناس إلا نوع معين وقد يصل الأمر إلى أن النوع لا يصيب إلا صنف نباتي وبذلك توجد داخل النوع الفطري الواحد عدة سلالات أو أنماط فسيولوجية.

- الجنس ***Basidiophora***: أكثر الأجناس ندرة، إلا أنه يوجد في كثير من بلدان أوروبا، أمريكا، استراليا. مختص بصفاته الخاصة البعيدة نسبياً عن بقية الأجناس. وحامله الجرثومي قريب الشبه ببعض الفطريات الراقية (البازيدية).

يضم الجنس نوعان فقط هما *B.entospora* و *B.kellermonii*. الأول يتطفل على أوراق نبات الإستر. تخرج الحوامل من ثغور السطح السفلي في مجاميع صغيرة مكونة خيوط بيضاء على السطح السفلي للأوراق على قمة الحامل على نتوءات قصيرة تحمل الأكياس الليمونية الشكل في فترة النضج تدفع الجراثيم بواسطة "قدم صغيرة"، وإذا ما سقطت في قطرة ماء تنبت بتكوين جراثيم سابحة والتي تخرج من الكيس عن طريق شق في القمة. في نفس الوقت داخل النسيج يتكون على الخيوط الميسليومية التي تنموا بين الخلايا وترسل ممصات فقاعية الشكل، تظهر الحوافظ البيضية والإنثريدات بغرض تكون الجراثيم البيضية ذات جدار سميك من طبقة واحدة. عرف هذا النوع لأول مرة في فرنسا عام ١٨٦٨ ثم عرف بعد ذلك في أماكن عديدة.

الجنس *Plasmopara*: (شكل رقم ٣-١-٦٦)، يضم عدة مئات من الأنواع وهو واسع الإنتشار. يتميز الحامل الجرثومي بأن تفرعه وحيد الشعبة، على زوايا قوائم، وعلى قمم النتوءات تتكون الإسبورانجيات البيضاوية الشكل ذات حلمة طرفية وتنبت عادة بتكوين جراثيم سابحة.

يمضي الفطر الفترة بين المواسم على صورة جراثيم بيضية وكميسليوم ساكن في الأجزاء المريضة يتطفل البلازموبارا على النباتات الزهرية لكثير من العائلات مسبباً مرضاً شديد الوطأة على النباتات ويؤدي في النهاية لموت النبات. ومن أهم الأنواع التي تنتمي إلى هذا الجنس.



شكل رقم (٣-١-٦٦): الجنس *Plasmopara*

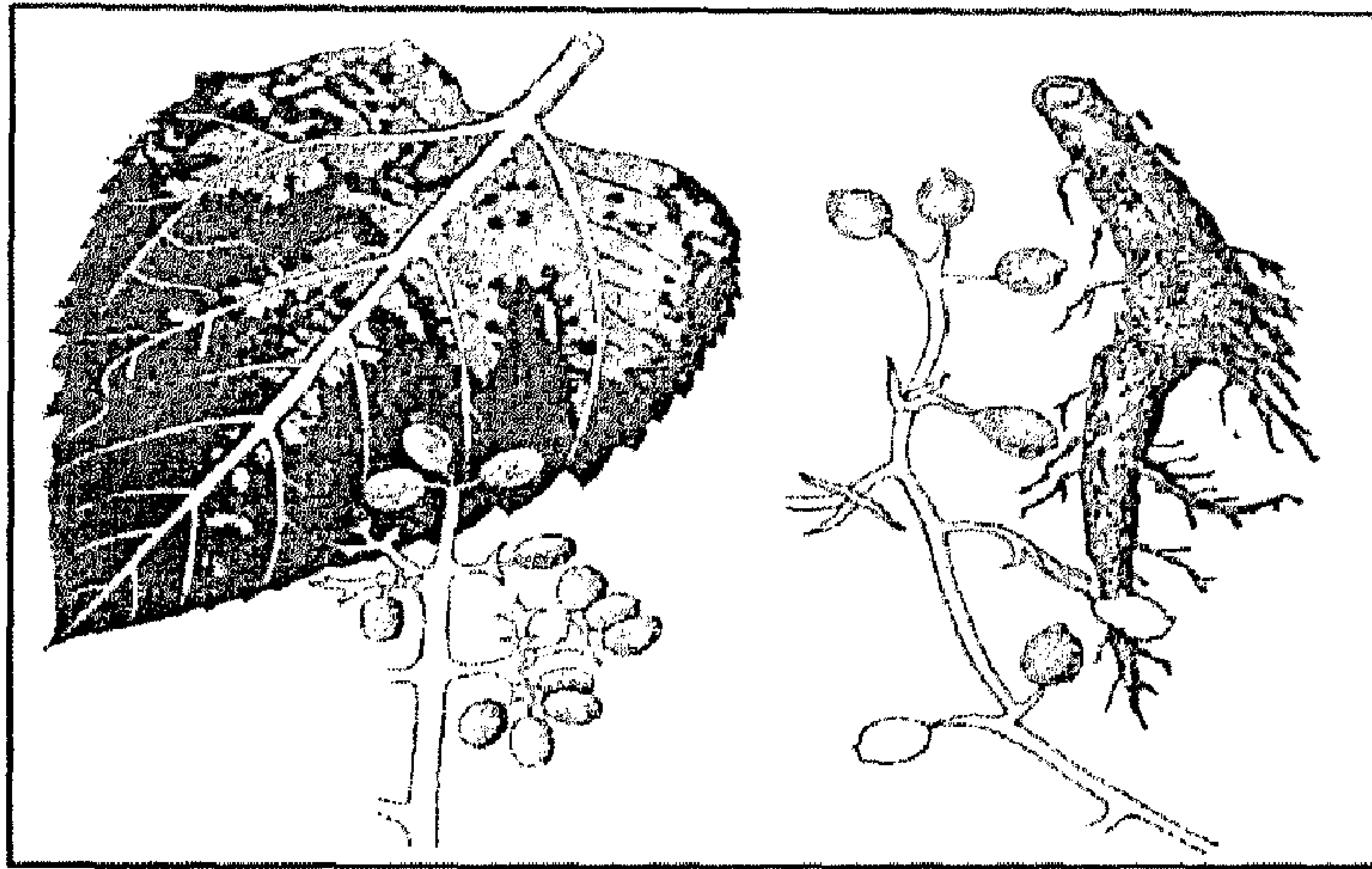
يضم عدة فئات من الأنواع والكثير منها واسع الانتشار، يتميز الحاصل الجرثومي بأن تفرعه وحيد الشعبة على زوايا قوائم، وعلى قمم النتوءات تتكون الإسبورانجيات البيضاويةالشكل ذات حلمة طرفية. وتنبت عادة بتكوين جراثيم سابحة.

النوع ***Pl. anethi***: يتطفل على أوراق نبات *Anrthum graveolens*.

النوع ***Pl. asterea***: يتطفل على أوراق أنواع *Aster, Callistephus, Galatella*.

ويوجد لهذا النوع عدة أشكال متخصصة forma وهي f.callistephi على نبات *Callistephus chinensis* و *F.galatellae* والأخير على أنواع *Galatell sp.*.

النوع *Pl. halstedtii*: ميسليوم متفرع، الممص فقاعي الشكل الحوامل الإسبورانجية تخرج من الثغور ٢-٦، الطول ٣٠٠-٨٠٠ ميكرومتر، السمك ١٠-١٥ ميكرومتر. ذو نهايات قصيرة. الجراثيم البيضية ٢٥- ٣٠ ميكرومتر في القطر، صفراء- بنية ذات غلاف رقيق أصفر اللون. يتطفل على *Helianthus annuus*, *H.tuberosus* وغيرها من نباتات العائلة Tubuliflorae والنوع أكثر انتشاراً في شمال أمريكا، أسيا، أوروبا وروسيا (شكل رقم ٣-١-٦٧).



شكل رقم (٣-١-٦٧): الفطر *Plasmopara halstedtii*

لليسار: إصابة الفطر للأوراق وشكل الحامل الإسبورانجي للفطر.

لليمين: إصابة الفطر لجذر النبات وشكل الحامل الإسبورانجي على الجذر.

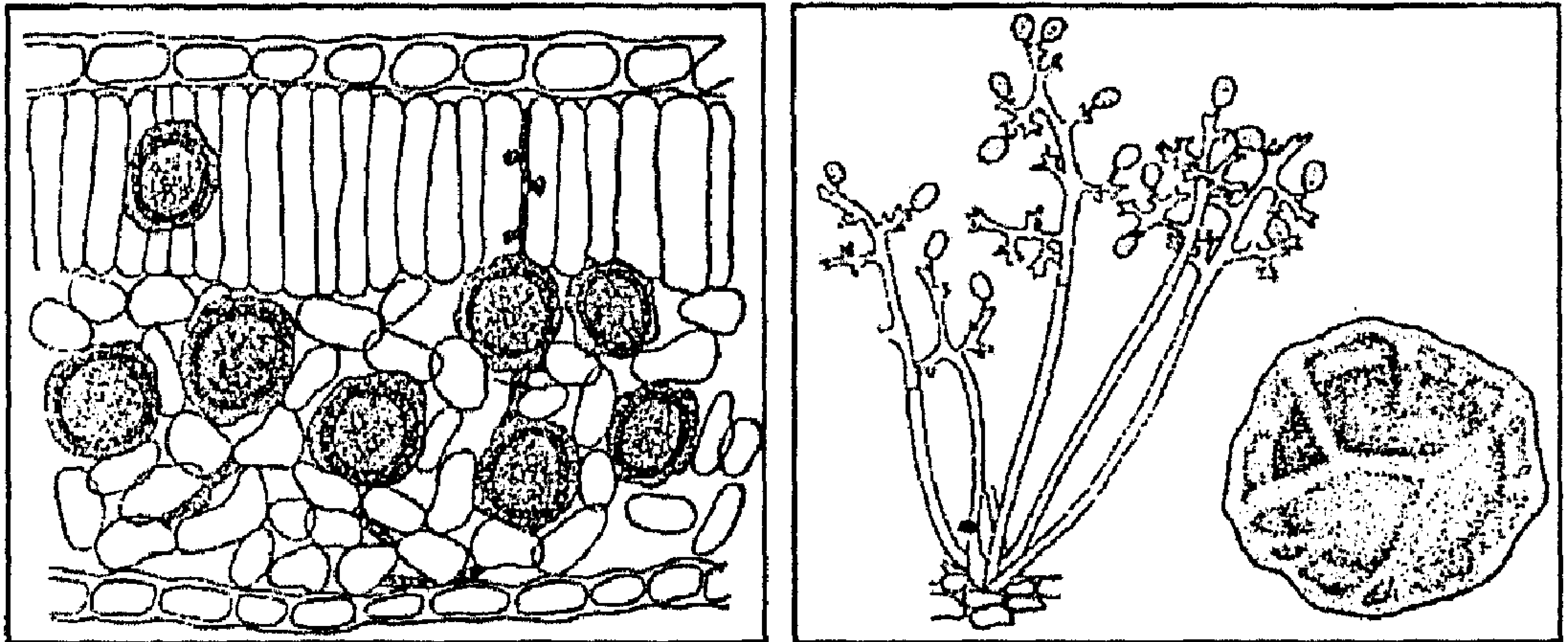
النوع *Pl. ribicola*: تخرج الحوامل الجرثومية من ثغور السطح السفلي عددها من ٢ إلى ٣، ٢٠٠- ٤٠٠ × ٧-٩ ميكرومتر. الجراثيم البيضية كرية، مصفرة قطرها ٣٠- ٣٥ ميكرومتر، ذات غلاف أملس سمكة ٣-٤ ميكرومتر يتطفل على أنواع جنس *Ribes*.



النوع *Pl. affinis*: ومن مرادفاته *Pl.halstedtii*. الجراثيم البيضية صفراء فاتحة ذو غلاف ضعيف التجعيد ١٨-٢١ ميكرومتر. يتطفل هذا النوع على (Rudbeckia) *Ratibida* , *Sulphium* وينتشر في أمريكا الشمالية.

النوع *Pl. rivea*: ومرادفاته *Per.podagrariae = Peronospora umbelliferarum* يتطفل على نباتات العائلة الخيمية Umbelliferae ومنها الجزر *Daucus carota* ,*Pastinaca sativa* ,*Petroselinum sativum* كما يصيب النوع البري *Aegopodium podagrariae*.

النوع *Pl. viticola*: نمو ميسليومي متفرع ذو ممصات دقيقة تخرج الحوامل من ثغور السطح السفلي في مجاميع ٢٥٠-٨٥٠ × ٨-١٢ ميكرومتر. الجراثيم البيضية كرية الشكل عديمة اللون إلى صفراء، قطرها ٣٠-٣٥ ميكرومتر ذات غلاف أملس إلى قليل التجعيد يتطفل على العنب *Vitis vinifera* وغيره من أنواع هذا الجنس (شكل رقم ٣-١-٦٨).



ب أ

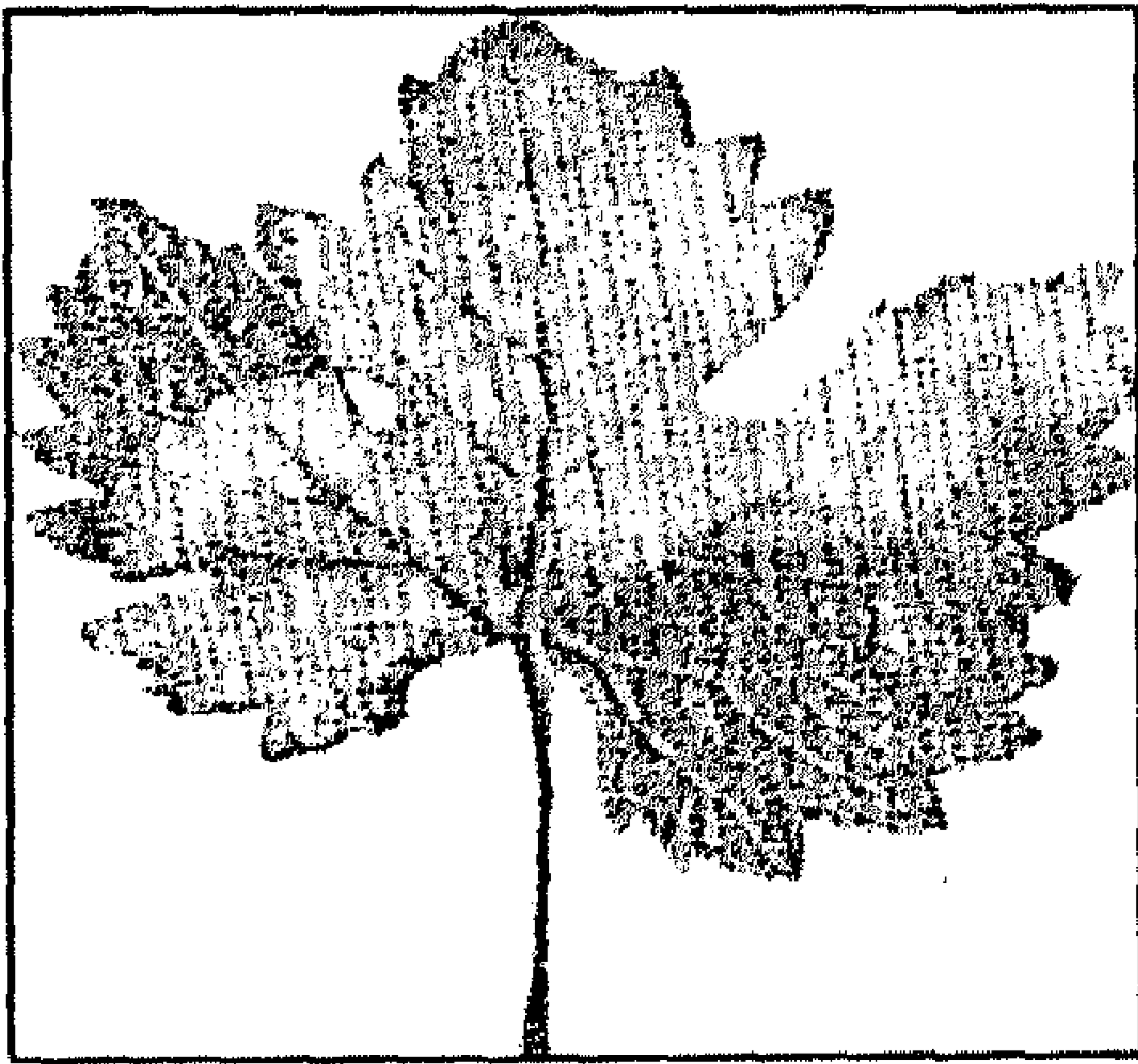
شكل رقم (٣-١-٦٨):

أ) الحوامل الإسبورانجية الفطر *Plasmopara viticola* خارجة من الثغوروشكل الجرثومة البيضية للفطر.

ب) الجراثيم البيضية داخل نسيج الأوراق المصابة.

أُدخل هذا الفطر إلى زراعات العنب الأوروبية في القرن التاسع عشر من أمريكا الشمالية وسمي البياض الزغبي في العنب وسبب أضراراً خطيرة للأعناب في فرنسا ثم في غيرها وعلى الأخص في منطقة حوض البحر المتوسط، ثم انتقل إلى أسيا وأفريقيا. يصيب الفطر كل الأجزاء الخضرية والزهرية والثمرية في النبات وتعتمد إصابته وانتشاره على الرطوبة والحرارة ويسبب الطفيل في الأعوام الباردة المطرة خطراً كبيراً على زراعات العنب (شكل رقم ٣-١-٦٩) وقد وضع Muller (١٩٢٢) منحنى العلاقة بين فترة الحضانة ودرجة الحرارة وعلى الأخص في منطقة بارن (ألمانيا) وقد أطلق على هذا المنحنى اسم منحنى مولر.





شكل رقم (٣-١-٦٩):

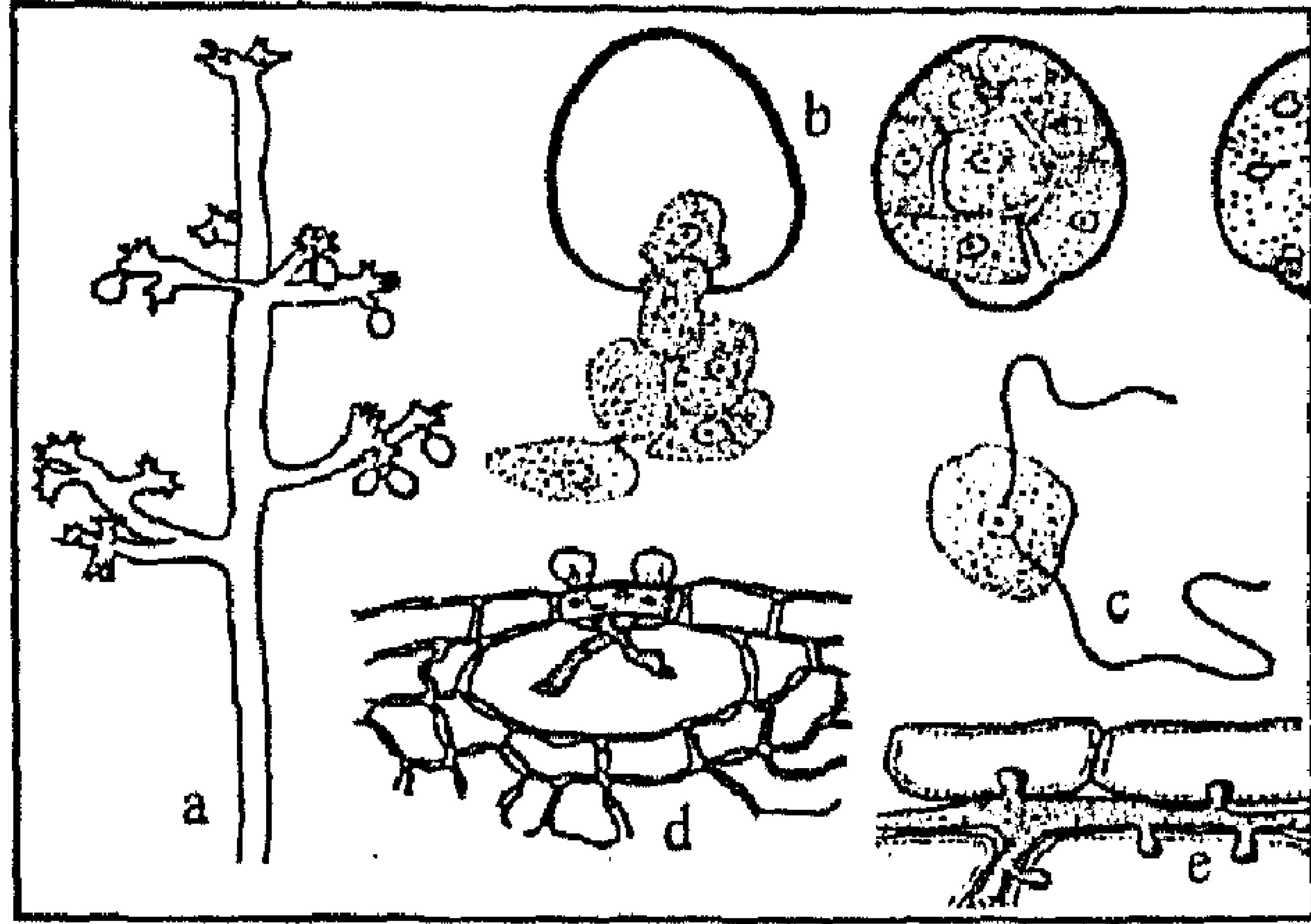
إصابة أوراق العنب (إلى اليسار) والثمار (إلى اليمين) بفطر البياض الزغبي *Plasmopara viticola*

تعيش الجراثيم البيضية لعدة أعوام وتنبت بتكون كيس اسبورانجي كبير Macrozoosporangium، وتخرج منه ١٥٠ جرثومة سابحة. أو قد تعطي حامل، جرثومي يحمل عدة أكياس إسبورانجية صغيرة. ينبت الكيس الإسبورانجي في درجة ٦°م

وأسرع في ٢٥ – ٢٧°م. ويعطي الكيس الواحد ٤ – ٨ جراثيم سابحة ذات سوطين تخرج من ثغر في قمة الكيس. وفي درجات الحرارة المنخفضة تخرج الجراثيم من الكيس على شكل فقاعة ثم تتكون لها الأسواط. وفي الرطوبة العالية ينبت الكيس بتكوين أنبوبة إنبات (شكل رقم ٣-١-٧٠ ).

وقد أجريت دراسة على عينات من أمريكا، كندا، فرنسا، تشيكوسلوفاكيا (سابقاً)، بولندا، إيطاليا، المجر، إيران ومن عدة مناطق في الاتحاد السوفيتي السابق، كما جمع، من أمريكا على الأنواع التابعة لجنس Vitis وهي *Vitis vinifera, V.doominna, V.aestivalis, V.cardifolia* والجنس *Ampelopsos quinquefolia*. أما من غيرها من الدول فقد جمعت عينات مصابة بالبياض الزغبي *V. vinifera*. وطبقاً للصفات الشكلية قسم الفطر إلى ثلاثة أنماط varieties:

| الفطـــر | الحامل الكونيدي | الكونيديـــات | التوزيـــع |
|---|---|---|---|
| *Pl. viticola v.americane* | ٣٠٠ – ٥٠٠ µm | ٨ – ٢٥ × ٨ – ٢٠ بيضاوية إلى اهليلجية | أمريكا، أوروبا، أسيا |
| *Pl. viticola v.amurensis* | ٢٥٠ – ٣٠٠ µm | ١١ – ٢٠ × ١١ – ١٥ بيضاوية إلى إهليلجية | الشرق الأوسط |
| *Pl. viticola v.parthica* | ١٢٠ – ٣٠٠ µm | ٢٠ – ٤٠ × ١٦ – ٢١ أهليلجية | أواسط أسيا |




شكل رقم (٣-١-٧٠):

مراحل من دورة حياة الفطر *Plasmopara viticola* المسبب لمرض البياض الزغبي في العنب.

a) الحامل الإسبورانجي. b ) تمايز الجراثيم وخروجها من الكيس الإسبورانجي.

c) الجرثومة ثنائية الأسواط السابحة. d ) إصابة ورقة العنب خلال الثغر.

e) الميسليوم البين خلوي وأعضاء الامتصاص داخل الخلايا.

**الجنس *Bremia*:** وهو جنس متميز في هذه العائلة بخواص حامله الجرثومي وكذا بخواصه التطفلية حيث يتطفل على نباتات العائلة المركبة كما يمتاز بتخصصه العالي حيث يحوي النوع عدة سلالات متخصصة الحوامل الجرثومية متفرعة تفرعاً ثنائياً أو ثلاثياً حيث تتسع قمة الحامل وتصبح طبقية الشكل، تظهر على حوافها من ٢ إلى ٨ نتوءات يحمل كل منها جرثومة كونيدية واحدة. وعادة ما تنبت بتكوين أنبوبة إنبات. يتكون داخل النسيج المصاب الأنثريدات والحوافظ البيضية حيث تتكون بعد الإخصاب الجراثيم البيضية ذات جدار أملس تتراوح لونها من الأصفر إلى البني.

يسبب هذا الفطر إصابة شديدة للنباتات، ويحدث اختراق الأوراق مباشرة عن طريق البشرة، ينمو الميسليوم بين الخلايا مكوناً أعضاء امتصاص كيسية الشكل مؤدياً لظهور

الأعراض النموذجية للبياض الزغبي.

وأكثر أنواع هذا الجنس انتشاراً هو النوع *B.lactucae* الذي يتطفل على نبات الخس. ولهذا النوع العديد من السلالات المتخصصة على أصناف الخس المأكولة وكذا البرية.

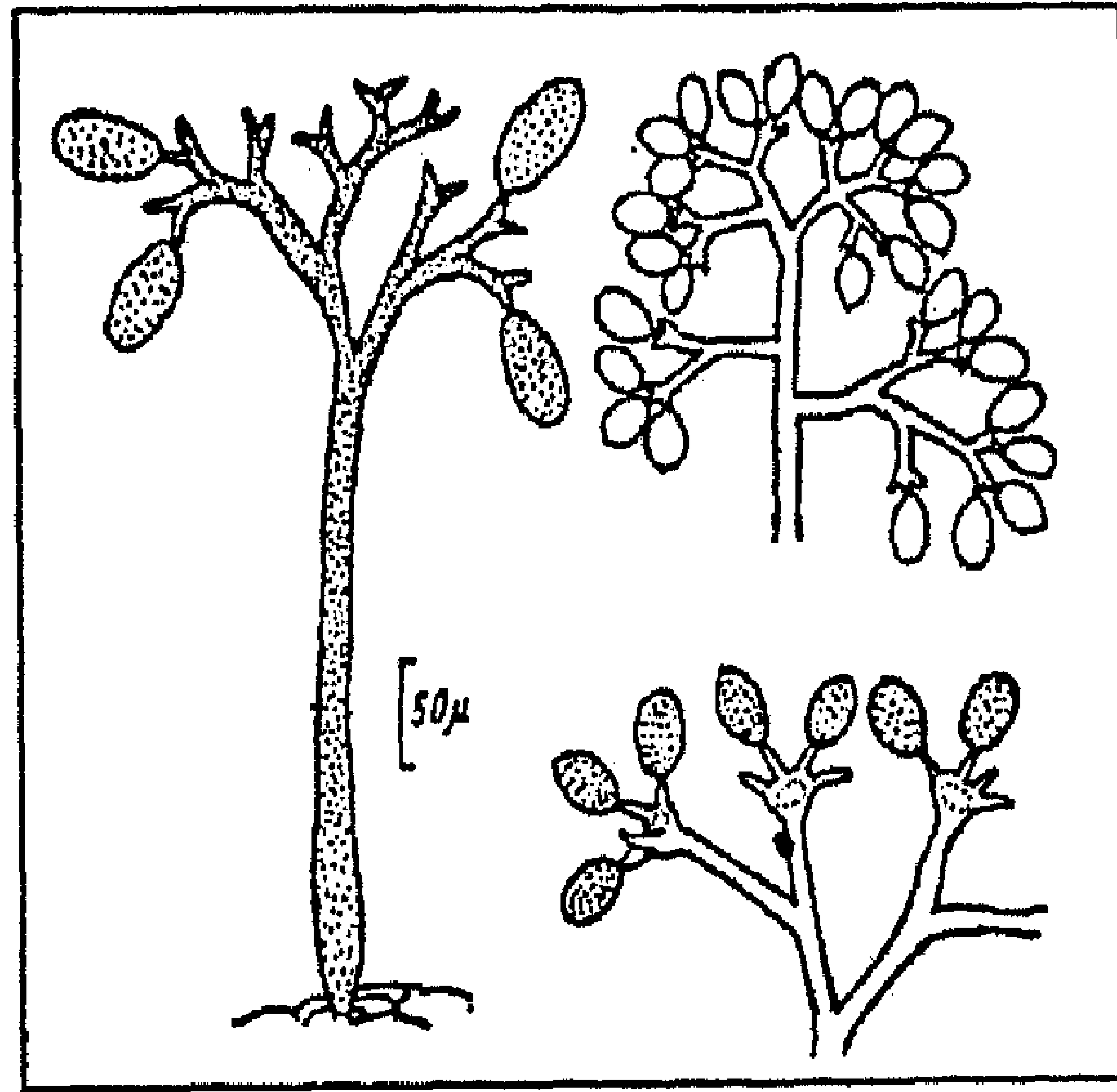
ومن الأنواع الأخرى *B.lampsanae , B.tulasnei , B.cantaurea*.

الجنس *Peronospora*: وهو أكثر الأجناس غنى في هذه العائلة وكذا في رتبة Peronosporales جميعها، يحوي هذا الجنس قرابة ٣٠٠ نوع والكثير فيها واسع الانتشار في الطبيعة.

تصيب أنواع هذا الجنس النباتات العشبية فقط، الميسليوم يكون أعضاء امتصاص متباينة الأشكال، الحوامل الجرثومية متفرعة ثنائياً، وذات نهايات مستقيمة أو خطافية تحمل في أطرافها جرثومة واحدة (شكل رقم ٣-١-٧١ ). الجرثومة بيضاوية، عادة إهليلجية بدون حلمة طرفية أو قاعدية تتكون الإنثريدات والحوافظ البيضية داخل أنسجة النبات المصاب. الجراثيم البيضية بيضاوية الشكل ذات جدار مختلف التجاعيد لونها بني مصفر. يقسم هذا الجنس إلى ٢ تحت جنس يختلفان عن بعضهما في كيفية إنبات الجراثيم. تحت الجنس الأول Pseudoperonospora وهو الأقل رقياً. وفيها تعتبر الأكياس الإسبورانجية أكياس إسبورانجية حقيقية وتنبت لتعطى جراثيم متحركة. تحت الجنس الثاني هو Euperonospora وهو تحت الجنس الأكثر رقياً، حيث تنبت الجراثيم مباشرة بتكوين أنبوبة إنبات وهذه تخرج من أي مكان بالجرثومة.

جميع أنواع هذا الجنس متطفلات شديدة الوطأة على النباتات وقد تؤدى إلى موت النبات المصاب. الأعراض هي وجود بقع وخيوط فطرية وتشوهات. ولا تصيب هذه

الفطريات الجذر ولكن تصيب الأوراق الحديثة والمسنة. وتوجد بعض الأنواع متطفلة على الأجزاء الزهرية للنبات فقط . النوع *Peronospora corollae* فلا تظهر على النبات المصاب أي أعراض وعند تكوين الأزهار ينشط الفطر فيهاجمها ويسلك النوع *P.radii* على العديد من نباتات العائلة المركبة، والنوع *P.tranzscheliana* والنوع *P.violaceae* والنوع *P.stigmaticala* نفس هذا النمط للإصابة، كل على عائله.




شكل رقم (٣-١-٧١):

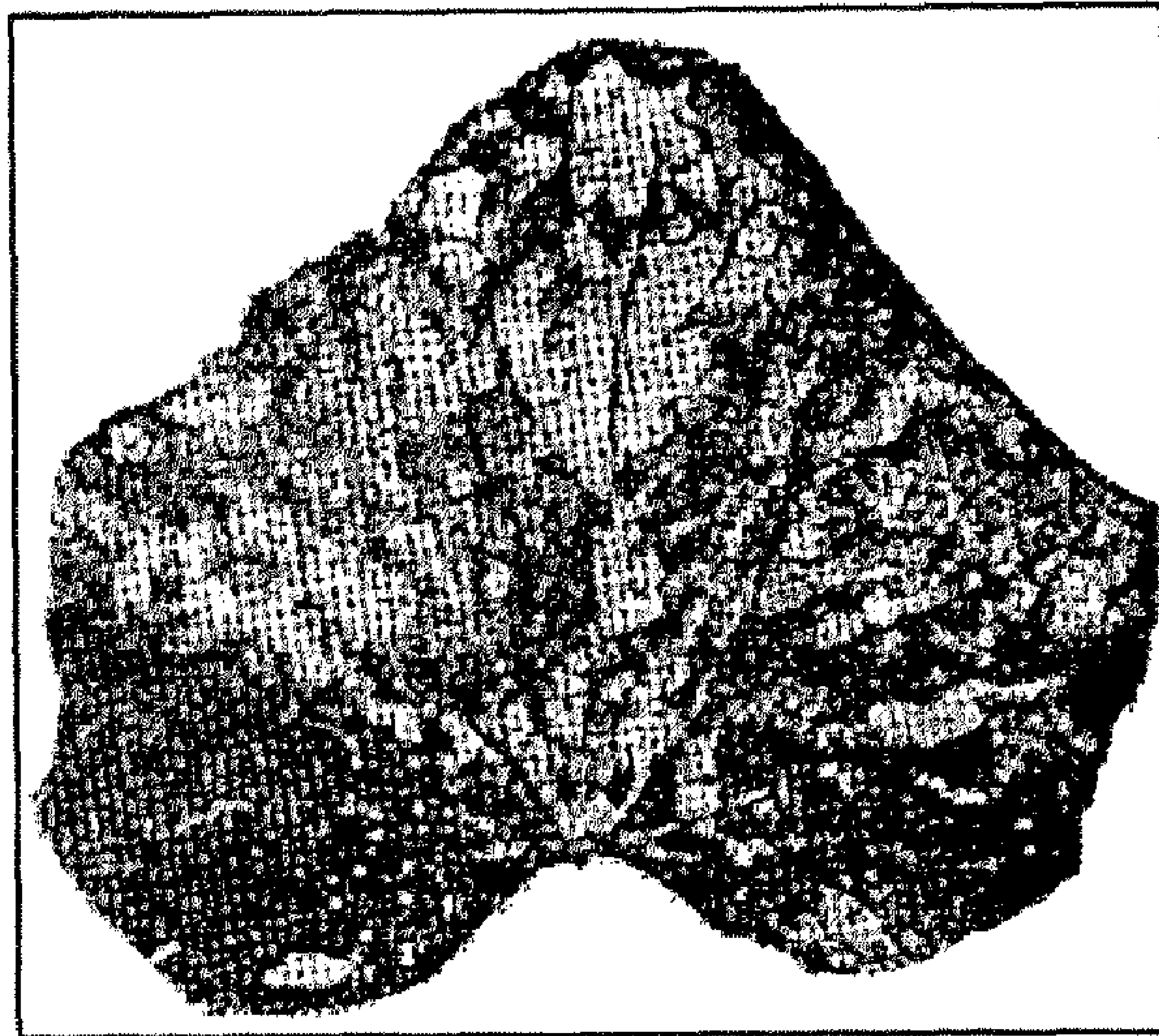
شكل الحوامل الجرثومية (الكونيدية) للفطر *Peronospra*.

**تحت الجنس *Pseudoperonospora***: ومرادفه *Peronoplasmorara*. يكوّن حوامل إسبورانجية متفرعة ثنائياً ذو نهايات طرفية تخرج على شكل زوايا قوائم. ومن أهم الأنواع *Pseudoperonospora cannabina* ومرادفه هو *Peronaspora cannabina*. تخرج الحوامل الإسبورانجية في مجاميع من الثغور. الجراثيم البيضية بيضاوية، ملساء متطفل على أوراق نبات *Cannabis sativa*.

◄ النوع ***PS.cubensis***: تخرج الحوامل في مجاميع ٧-c. وقد تخرج مفردة من معزق نسيج البشرة. متطفل على أوراق أجناس , *Cucumis , Citrullus , Lagenaria* *Cucurbita,* (شكل رقم ٣-١-٧٢).

◄ النوع ***Ps.humuli***: ومرادفاته *Pernoplasmopara humuli, Plasmopara humuli* متطفل على الأجزاء الخضرية لنبات *Humulus lupulus*.

◄ النوع ***Ps.sparsa***: ومرادفاته *Per rubi = Pernoplasmopara sparsa* وهو متطفل على نباتات الورد المنزرعة أو البرية، واسع الانتشار في أنحاء أوروبا وأمريكا الشمالية.



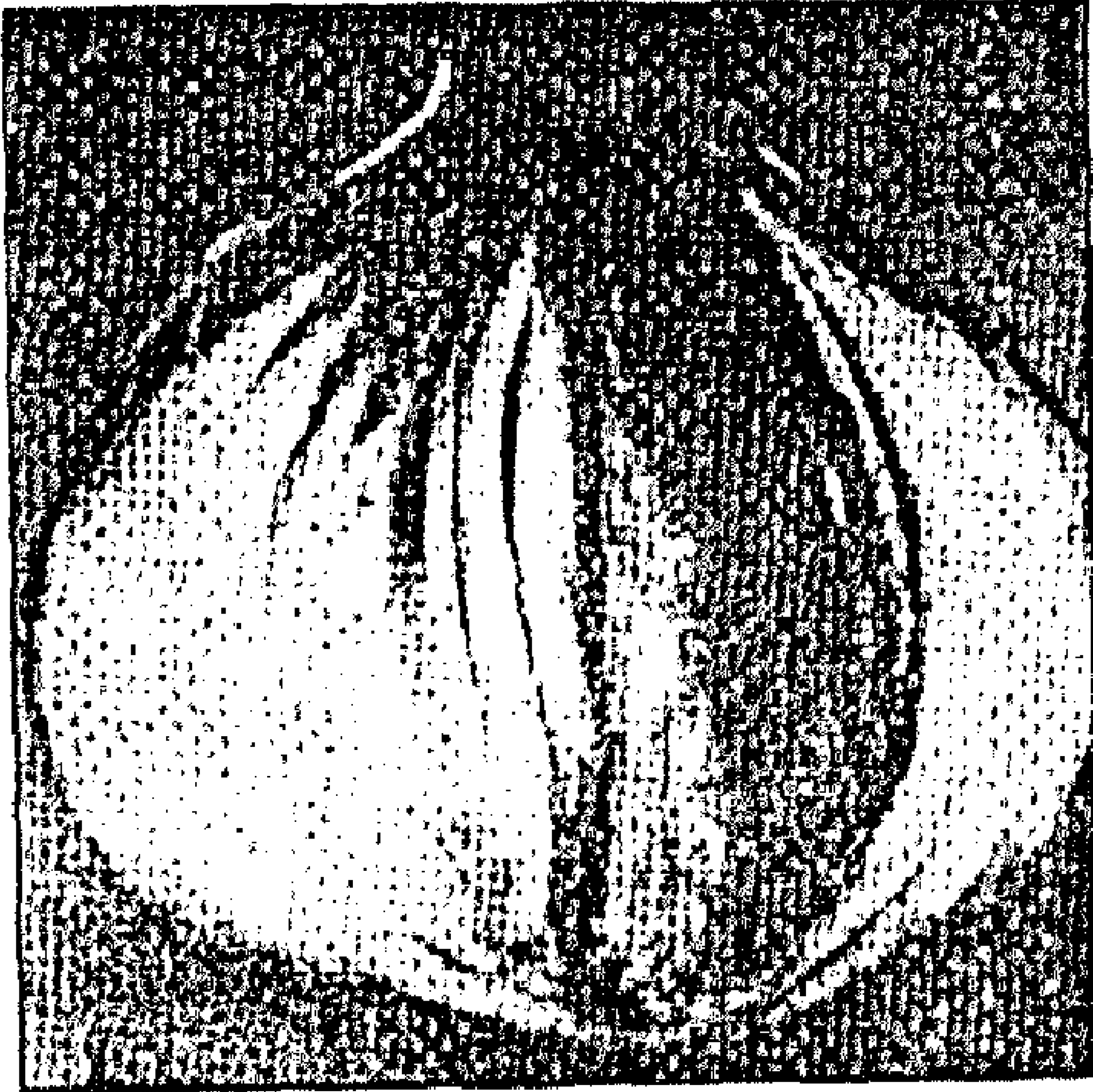
شكل رقم (٣-١-٧٢):

إصابة أوراق الخيار بالبياض الزغبي المتسبب عن الفطر *Pseudoperonospora cubensis*.

ومن أهم الأنواع التابعة للجنس *Peronospora* تختار منها ما يلي:

النـــوع P. destructor = P. schleideni = P. schleideniana = P.alliorum = Botrytidestructor = يصــيب هــذا النــوع Allium cepo (البصــل) A.sativum ، (الثوم) وغيرها من أنواع هذا الجنس. ويسبب الفطر أضـراراً لـلأوراق فتمـوت وتجف الأوراق وهذا النوع واسع الانتشار في جميع قارات العالم (شكل رقم ٣-١-٧٣).





شكل رقم (٣-١-٧٣):

إصابة الأبصال وأوراق نبات البصل بالفطر Peronospora sckleideniana المسبب لمرض البياض الزغبي في البصل.

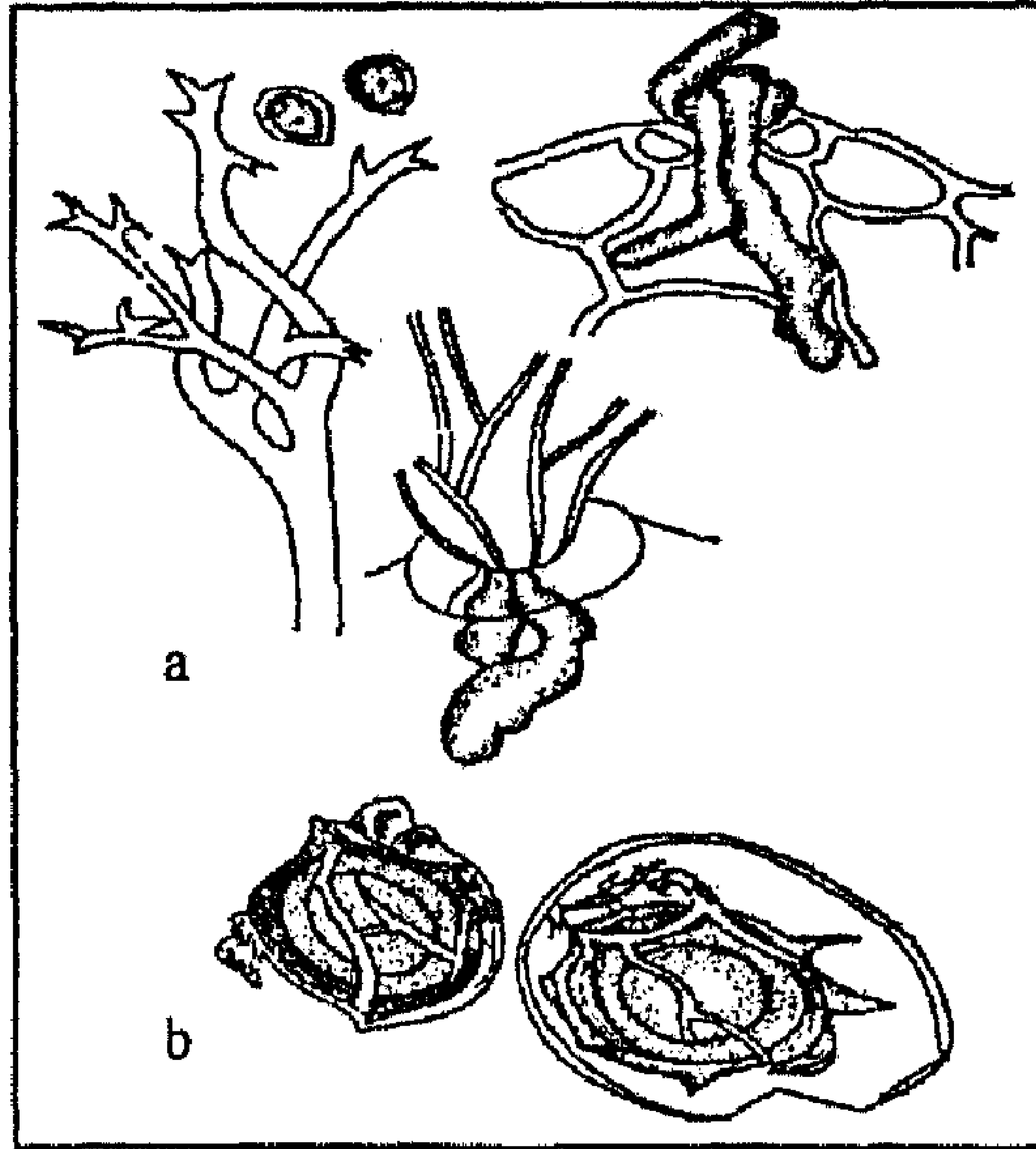
النوع *Peronospora antirrhini*: تخرج حوامله الجرثومية من ثغور السـطح السفلي ذات لون بنفسـجي في مجـاميع يتفـرع مـن ٦ إلى ٧ تفرعـات الطـول حتـى ٥٥×٢٥ ميكرومتر، وزوايا التفرعات حادة. الجراثيم البيضية ذات جدار سميك داكـن اللـون يتطفـل علي نبات حنك السبع.

النــوع *Peronospora cochleariae*: متطفـل علـى نبـات *Armoracia rusticana*

- النوع *P.atriplicis - hortensis*: متطفل على نبات *Atriplex hortensis* .

- النوع *P. schachtii = P. farinosa*: متطفل على *Beta vulgaris* *B.rnaritima,*.

وقد قسم Byford (١٩٦٧) النوع إلى شكل متخصص للبنجر وهو *P.farinose f.sp.betae*، أو متخصص للسبانخ *P.farinose f.sp spinosial*، وشكل ثالث *P.farinose f.sp chenopodii* على نبات *Chenopodium album* (شكل رقم ٣-١-٧٤).




شكل رقم (٣-١-٧٤):

الفطر *Peronospora farinosa* المسبب لمرض البياض الزغبي في البنجر.

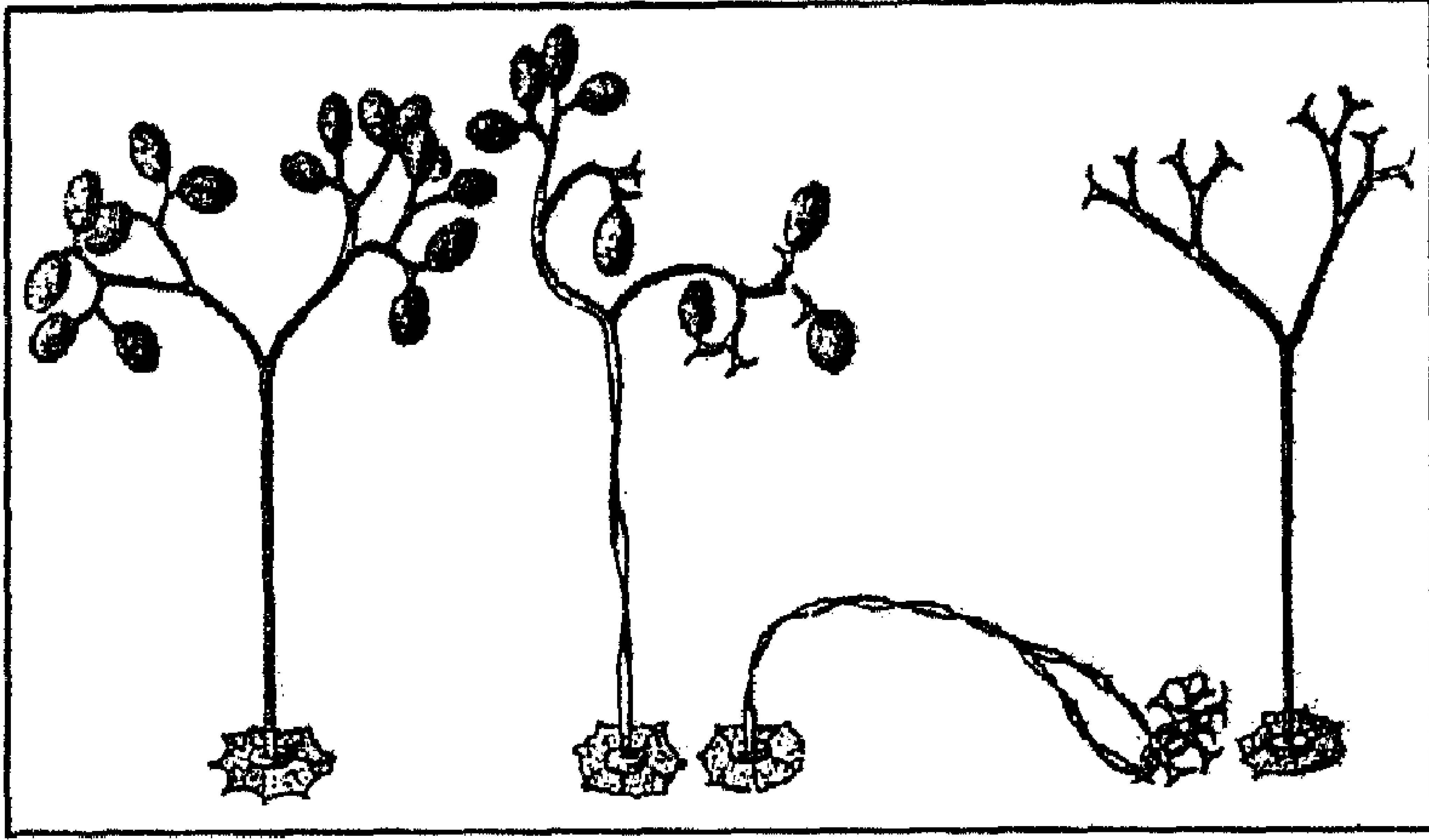
a) الحوامل الكونيدية وإصابة الأوراق عن طريق الثغور.

b) الجرثومة البيضية للفطر.

- النوع *P. brassicae*: وهو متطفل على الأوراق والأجزاء الزهرية لأنواع أجناس الكرنب *Brassica* والفجل *Raphanus*.

- النـوع *P. camelinae*: علـى أوراق وسـيقان نباتـات *Camelina sativa,* *Cmicrocarpa* وغيرها.
- النوع *P. digitalis*: متطفل على أنواع جنس *Digitales.*
- النوع *P. dipsaci*: متطفل على أنواع *Dipcacus.*
- النوع *P. fragariae*: حوامله الجرثومية طويلة جدا تصـل إلى ١٠٠٠ ميكـرومتر والسـمك ٤-٦ ميكـرومتر وتخـرج وحيـدة أو في أزواج مـن الثغـور متطفـل علـى أوراق *Fragaria moschata* وغيره من الأنواع.
- النوع ***P. sojae = P. manschurica = P.Irifliorum var manschurica***: الجراثيم البيضية مصفرة، غير منتظمة إلى ملساء قطرها ٢٥-٤٨ مكيرومتر علـى أوراق فـول الصويا *Glycine hisprida* وغيره من الأنواع.
- النوع *P.lentis*: متطفل على نبات *Lens culinaris.*
- النوع *P. lepidii*: متطفل على نبات *Lepidiun sativum* وغيره من أنواع هـذا الجنس.
- النـوع *P. lilii*: جـراثيم البيضـية غـير معروفـه متطفـل علـى الليليـوم *Lilium cadidum.*
- النوع *P. mattiolae*: متطفل على Matthiola.
- النـوع *P. aestivalis = Per. trifoliorum*: متطفـل علـى نبـات اللوبيـا *Medlicago sativa* وغيره.
- النوع *P.stigmaticola*: متطفل على نبات Mentha piperita

النوع *p. labacina*: على أنواع الدخان *Nicotiana sp.* كما أنـه يتطفـل علـى نبات *Lycopersicum esculenlum, Capsicum annuim , Solanum melongena* , *S.nigrum* . (شكل رقم ٣-١-٧٥).



شكل رقم (٣-١-٧٥):

آلية إطلاق الكونيدات في فطر البياض الزغبي *Peronospora labacina* المسبب لمرض البياض الزغبي في الدخان.

النوع ***P. ornithopi***: متطفل على نبات *Ornitopus sativus* وجـراثيم الفطـر البيضية غير معروفة.

النوع ***P. arborescens***: متطفل على نبات *Papaver somniferum*.

النوع ***P.pisi***: متطفل على نبات *Pisum sativum* وغيره من الأنواع.

النوع ***P.jaapiana***: متطفل على أوراق *Rh. undulatum* .

*Rheum officinales , Rh. palmatum Rh. Reponticum*.

النوع ***P. rubi***: متطفل على نبات *Rabus idaeus* وغيره من الأنواع.

النوع ***P. eumicis***: على أنواع *Rumex acetosa , R. acetosella*.

- النوع *P.effusa*: متطفل على أوراق نبات *Spinacia olericae*.
- النوع *P. pratens*: متطفل على أنواع البرسيم *Trifolium sp.*
*Tr. Medium , Tr. pretense, Tr. Incarnatum*
- النوع *P. trigonella*: على نبات Trigonella foenicum وغيره من الأنواع.
- النوع *P.valerianae*: على نبات *Valeriana*.
- النوع **P. fabae**: متطفل *Vicia Faba*.
- النوع *P. viciae. sativa*: على الأنواع *V. villosa , vicia sativa*.
- النوع *P. vincae*: متطفل على نبات *Vinca*.

## ٣-١-٧-٢ الفصيلة الألبيوجينية

## Family Albuginaceae

تتميز هذه الفصيلة بالتراكيب غير العادية التي تميزها عن الفصيلة البرنوسبورية. تتميز هذه العائلة بكونها متطفلات إجبارية على النباتات، حيث تصيب الأوراق والسيقان وجميع الأجزاء الزهرية، حيث تؤدى الإصابة إلى حدوث تغيرات جوهرية في شكل النبات المريض. تحدث الإصابة بفطريات هذه العائلة بتكوين ما يعرف بالبثرة وتعرف هذه البثرات تميزاً لها عن بثرات الأصداء باسم الصدأ الأبيض حيث تتميز هذه البثرات باللون الأبيض.

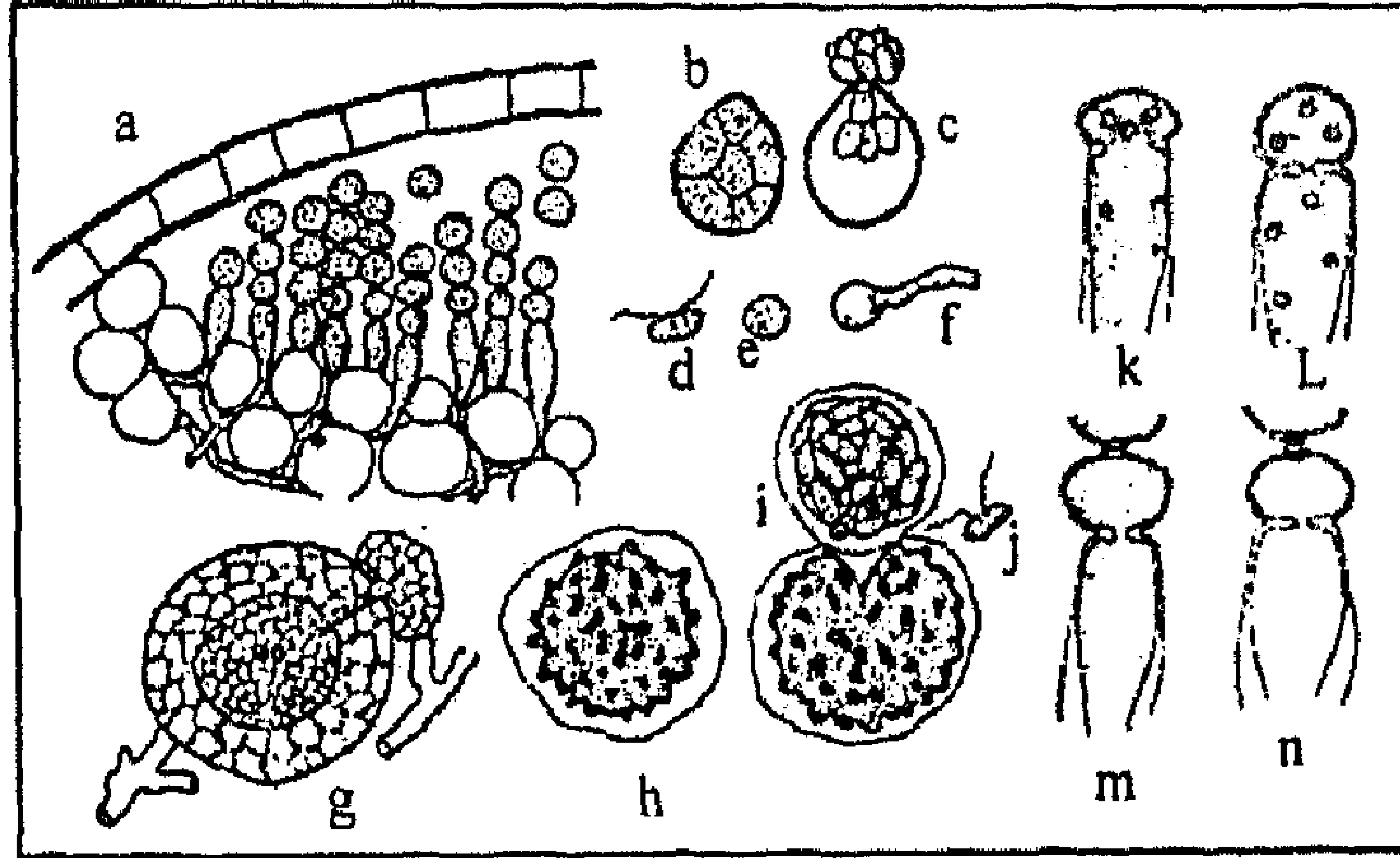
تحتوي هذه العائلة على جنس واحد فقط هو جنس *Albuga* أو *Cystopus* حيث تعرف هذه العائلة كذلك Cystopaceae وهذا الجنس واسع الانتشار ويحوي قرابة عشرة أنواع جميعها متطفلات على النباتات الزهرية تتدرج هذه الأنواع في درجة الرقي حيث نجد أن الأنواع البدائية تحتاج دائماً إلى قطرة ماء لكي تنبت معطية جراثيم سابحة أما الأكثر رقياً فتنبت مباشرة (جرثومة كونيدية).

تعطى هذه الفطريات الجراثيم اللاجنسية في المنطقة بين الكيوكتيل والبشرة وعلى ذلك فإن العلاقة الشكلية بينها وبين البيضيات غير واضحة إلا انه يمكن تشبيه هذه الفطريات بتلك المكونة للطبقة الخصبية hymenium في الفطريات الراقية.

يحدث الإختراق بهذا الفطر عن طريق تكوين عضو التصاق appressorium، وهو في هذه الفطريات عبارة عن نمو هيفي قصير فقاعي الشكل، ينمو ميسليوم الفطر ما بين الخلايا وبعد استمراره في النمو يبدأ في الدخول لمرحلة طور التكاثر اللاجنسي والجنسي. ولا تتكون أعضاء التكاثر الجنسي على سطح النبات كما سبق ولكن تحدث في المنطقة بين البشرة والكيوتيكل حيث يستخدم الأخير كواقي يعمل على حماية الفطر من الظروف غير المواتية.

ويحدث التكاثر اللاجنسي بتشكل طبقة كثيفة سميكة عديمة اللون من خلايا صولجانية وهذه هي الحوامل الاسبورانجية حيث تعمل على فصل الكيوتيكل عن الابيدرمس (شكل رقم ٣-١-٧٦)، وعلى هذه الحوامل تتكون سلسلة من خلايا مستديرة عديمة اللون بدورها تعمل على دفع الكيوتيكل. تنطلق هذه الأكياس بواسطة الرياح أو قطرات المطر لغيرها من النباتات.

تنبت الأكياس الإسبورانجية لتكوين ٤-١٢ جرثومة سابحة، حيث تصيب النبات بعد تحوصلها بتكوين عضو التصاق والاختزان المباشر للنبات، يحافظ الفطر على بقاءه بتكوين الجراثيم البيضية. فبين نسيج النبات المصاب تتكون الحوافظ البيضية والإنثريدات، يتكون داخل كل حافظة بيضية خليه بيضية واحدة وهذه بعد الإخصاب تعطي الجراثيم البيضية، تنبت الجراثيم البيضية بإعطاء أنبوبة إنبات ينفتح طرفها حيث يتشكل داخله ٤٠-٦٠ جرثومة سابحة وقد لا تتكون جراثيم سابحة وتنبت الجراثيم البيضة مباشرة بتكوين ميسليوم.




شكل رقم (٣-١-٧٦): الفطر *Albugo candida*

a) قطاع في بشرة الفطر، تنشأ الأكياس الإسبورانجية في سلاسل.

b) كيس إسبورانجي وقد انشقت محتوياته لتكوين الجراثيم.

c) تحرر الجراثيم في شكل فقاعة. d) جرثومة سابحة.

e) جرثومة متحوصلة. f) إنبات الجرثومة المتحوصلة.

g) الحافظة البيضية والإنثريدة والإخصاب. h) جرثومة بيضية.

i) إنبات جرثومة بيضية. j) جرثومة سابحة.

K,l,m,n) مراحل تكوين الكيس الإسبورانجي على الحامل الإسبورانجي.

## أكثر أنواع هذا الجنس انتشاراً:

- النوع *Albugo capparidis* يتطفل على *Capparis spinosa* وغيره من الأنواع.
- النوع *A.tragopogonis* ويتطفل على نباتات العائلة المركبة ومنها *Pyrthenifolum parethrem*.
- النوع *A. candida* متطفل على نباتات العائلة الصليبية *Cruciferae*.
- النوع *A. occidentali* يتطفل على السبانخ *Spinacia olercea* ونبات *Chenopodium sp*.



## ٣-١-٨ رتبة الاسكليروسبورات

## Order Sclersporales

فصلت بعض أفراد هذه الرتبة من رتبة البرنوسبورات، ذلك لأن خلية البيضة تتولد داخل الحافظة البيضة مركزية Centripetal ذات بلازم محيطي ثابت ودائم كما تتميز رتبة الاسكليروسبورات بأن هيفاتها شديدة الضيق (لا تزيد عن ٥ ميكرومتر في القطر)، وتتولد الجراثيم الإسبورانجية داخل الأكياس الإسبورانجية، أو أن هذه الأكياس لا تتكون على وجهه الإطلاق. جدار الحافظة البيضة سميك، مندمج تماماً مع خلية البيضة، وتشغل خلية البيضة كل فراغ الحافظة البيضة أو قريباً من ذلك. خلية البيضةذات بلازم متجانس، والترسبيات الدهنية قليلة جداً. وأنواعها متطفلات على الفصيلة Poaceae، تضم هذه الرتبة فصيلتين هما الفصيلة الأسكليروسبورية والفصلية الفيريوكالفية. طبقاً للمفتاح التالي:

- يتغذى الفطر عن طريق ممصات، الإسبورنجات أو الكونيدات تتولد على حامل، يتفرع تفرع ثنائي كاذب، يسبب البياض الزغبي في النجيليات

Family Sclerosporceae

- لا توجد ممصات، الإسبورانجيات بدون حوامل اسبورانجية أو أن الطور اللاجنسي غير معروف، أنواعها متطفلات على جذور النجليات

Family Verrucalvaceae

تضم الفصيلة الأولى جنسين هما *Sclerospora, Peranosclerospora* والفصيلة الثانية الأجناس *Sclerophthora , Pachymetra, Veroucalvus*.

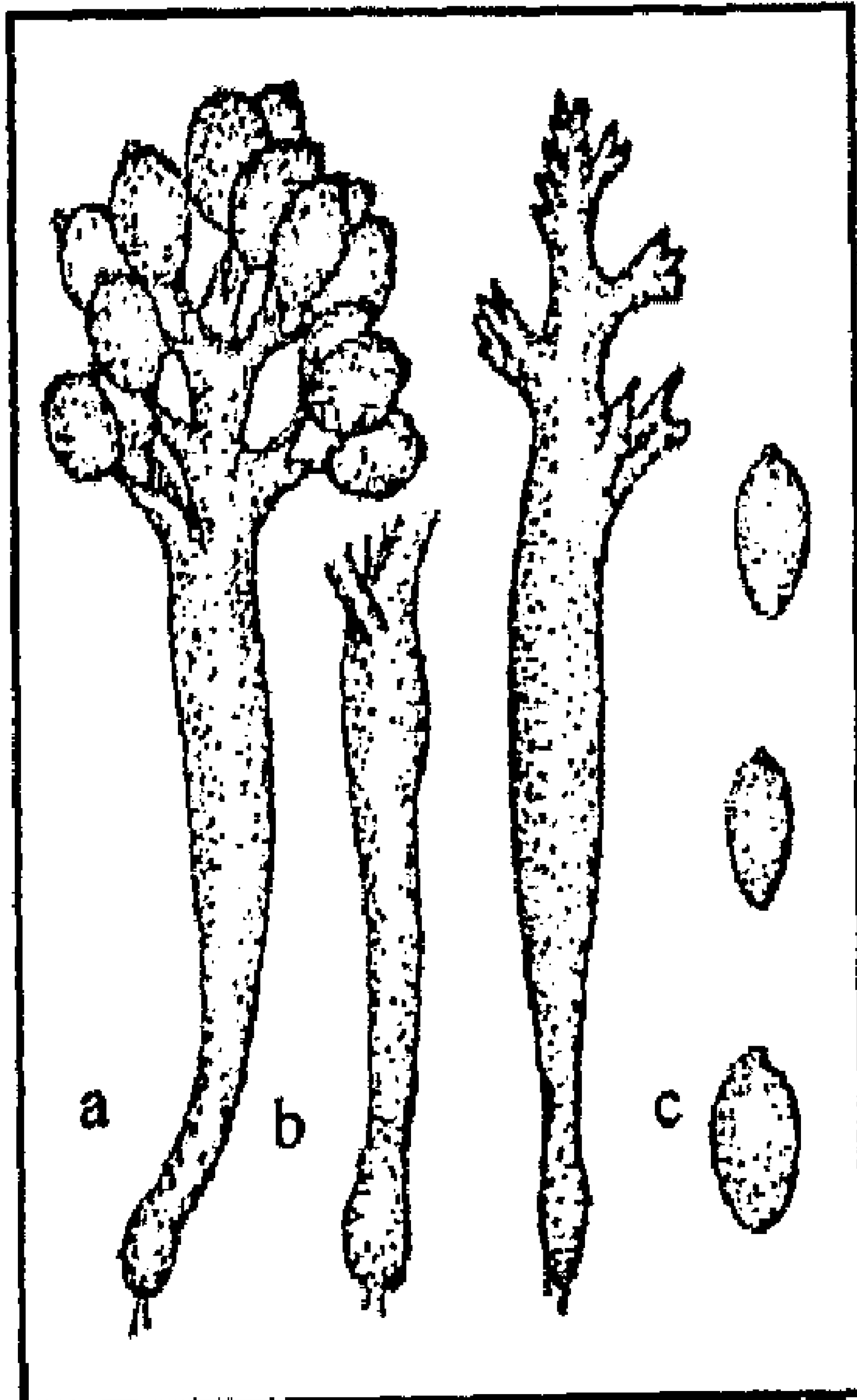
الجنس *Sclerospora* أكثر انتشاراً ويحوي قرابة ٢٠ نوع. توجد أنواعه في أوروبا، أسيا، أمريكا، أفريقيا وغالباً ما تنتمي أنواعه إلى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية.

تصيب أنواع هذا الجنس نباتات العائلة النجيلية فقط، بسبب الفطر تبقع الأوراق

ويظهر على السطح السفلي للورقة المصابة الحوامل الإسبورانجية كما تسبب الإصابة حدوث نموات غير طبيعية لخلايا السطح السفلي للورقة.

الميسليوم بين خلوي، أعضاء الامتصاص فقاعية الشكل، الحوامل الإسبورانجية قصيرة تتفرع بدون نظام من القمة، تحمل الأكياس طرفياً على نموات قصيرة والاسبورنجيات ليس لها حلمة طرفية، وبعض أنواع هذا الجنس ليس لها طور لاجنسي التكاثر (*S.secdina*) أو أنه قليل الوجود يصعب ملاحظته واكتشافه وتلعب الجراثيم البيضة المتكونة داخل النسيج المصاب دوراً هاماً في حياة الفطر حيث يمكن رؤيتها بالعين المجردة في الأنسجة المصابة.

أكثر الأنواع انتشاراً هو *S. graminicola* ومرادفة هو *S.graminicola v. setariae -italicae*، يتكون بقع صفراء فاتحة على الأوراق، تتحول إلى البني، وعلى السطح السفلي الحوامل الجرثومية للفطر، الحوامل الجرثومية ١٠٠- ١٣٥× ١٠-١٤ ميكرومتر تخرج مفردة من الثغور أو في مجاميع قليلة. الحامل ذو تفرعات قمية غليظة لا تبعد عن المحور الأساسي (شكل رقم ٣-١-٧٧).




شكل رقم (٣-١-٧٧): الفطر *Sclerospora graminicola*
a) الحوامل الإسبورانجية والأكياس الإسبورانجية للفطر.
b) حوامل إسبورانجية.
c) أكياس إسبورانجية.

الأكياس الاسبورانجية، بيضاوية ١٨-٢٢×١٢-١٨ ميكرومتر الحافظة البيضة كرية الشكل. الجراثيم البيضة بيضاوية ٣٣-٤٥ (٥٠) ميكرومتر في القطر، ذات غلاف شفاف ملتصق بجدار الجرثومة. متطفل على *Setaria italica. Panicum miliaceum* *S.sudanenense Sorghum helepens*، وعلى حشائش *Echinochloa, Setaia*، *Agrostis alba*.

النوع ***S.macraspora***: لا يعرف له طور تكاثر لاجنسي، الجراثيم البيضية تتكون بوفرة، بيضاوية الشكل ٦٠-٦٥ ميكرومتر في القطر، ذات غلاف أملس، عديم اللون سميكة ٤ ميكرومتر. تؤدي الإصابة إلى حدوث زيادة حجية في الأنسجة المصابة يتطفل على *Sorghum halepense , oryz a sativa* ، *Hodeum vulgare , At vena sativa* *Zea mays* ، *Ttritcum sp, S. vulgare* ، ويكثر انتشار الفطر في روسيا، أمريكا، استراليا.

النوع ***S. secalina***: البقع كبيرة واضحة على الأوراق تتحول إلى الداكن بسبب موت الخلايا. الأكياس الإسبورانجية غير معروفة، الجراثيم البيضة صفراء فاتحة أو صفراء رمادية، ملساء قطرها ٣١-٣٦ ميكرومتر، معروف في روسيا فقط.

النوع ***Scleraspora maydis***: ومرادفه هو *Peronospora maydis*، تتكون البقع على ورقة العلم والساق، صفراء فاتحة ثم رمادية متطاولة أو غير منتظمة الشكل، يتكون في البقع الحوامل الاسبورانجية البيضاء والتي سريعاً ما تختفي تخرج الحوامل من الثغور طولها ١٥٠ ميكرومتر، وسمكها ١٢-١٥ ميكرومتر - ذو تفرعات قصيرة، الأكياس الإسبورانجية متطاولة، اسطوانية ٢٨-٤٥ × ١٦-٢٣ ميكرومتر ولم يعرف لهذا النوع جراثيم بيضية ويتطفل على الذرة *Zea mays* - الفطر واسع الانتشار في روسيا، الهند، الفلبين.

ومن الأنواع ذات الأهمية الاقتصادية *S. philippinensis* ويصيب الذرة أيضاً *S. spontanea, S. sacchari* على نباتات قصب السكر.

## مراجع للاستزادة


- Buczaki, S.T., ed. (1983). Zoosporeic Plant Pathogens: Amadern Perspective. Academic Press, Landon.
- Erwin, D.C, Bartnick. Garcia, S.X., and Tsao, P.H. eds. Phytophthora: Its Biology, Taxonomy, Ecology & Pathology. American Phylopathological Society, St. Paul, Minnesota.
- Ingram, D.S.X., Williams, P.H. eds (1991). *Dhytophthora infestans*, the cause of late blight of potato. Advanced in Plant Pathobgy, Volume 7, Academic Press, London.
- Spencer P. M.,ed (1981 ). the Downy Mildews. Academic Press , London.
- Wolf, F.A. , and wolf ,F.T. (1947). The Fungi. Vol 1. Edt. by Johnwiley Sons, Inc. London.
- Barr, D.I.S, and N.L.Desaulniers. (1990) The Life Cycle of *Lagena radicola* ,an Oomycetos Parasitef Wheat roots. Can. J. Bot. 68. : 813-824.
- Barthicki – Garcia,S., and M.C. Wang (1983). Bichemical Aspects of Morphogenesis in *Phytrophthra*. pp.121-137- In *Phytophthora* ,Its Biology ,Ecology and Taxonomy Eds: D:c Erwin,s. Bartnicki Garcia and P.H Tsoa. American Phytopathalogical Sofiety Press. ST. Pault. Univ.
- Cavalir-smith, T. (1986). The Kingdom Chromista: Origin and Systematica. PP.309-347. Inprogress. In Mhycological Research, vol.4. Eds F.E.Round and DJ.Chapman. Biopress, Bristol, United Kingdom.

↬ Gook, W.R.I. 1935. The Genus Lagenidium Schenk. with Special Reference to *L.rabenhorsti* Zopf. and *L.entophytum*. Arch Protistenk. 86: 58-89.

↬ Dick, M.W (1990). Key to Pythium. University of Reading Press, Reading, United Kingdom.

↬ Prenth, A., S.B., Goodwin, W.E Fry, and L.C. Davidse (1993). Genotypic Diversity of *Phytophthora* Infestans in the Netherlands Revealed by. DNA Polymorphism. Phytopatholgy 83: 1087.1094

↬ Emerson, R., and D.O. Watving (1981). Adaptation of Fungi to Stagnant Waters. Pp. 109-128 in the Fungal Community. Its Organization and Rol in the Ecosystem. Eds. P.T. Wicklow and G.C Carron. Pekker. New York.

↬ Held, A.A. (1987) Olpidiopsis Varians. Asexual and Sexual Reproduction. pp. 82-83 In Zoosporic Fungi in Teaching and Research Eds. U.S. Fulla Awlz A. Jawovski Southeastern Athenas, G.A.

↬ Hendr. X,FF., and W.A. Campbell.(1983) Some Pythiaceous Fungi: New Rols for Old Organisms. Pp.123-160. In Zoosporic Plant Pathogeus: A Modern Perspective. Ed. S.T. Buczacki. Academic Press, Newyork.

↬Hoch, H.C., and J.E. Llitchell (1972) The Ultrastructure of Aphanomyces Euteiches During a Sexual Spore Formation. Phetopathology 62:149-160.

↬ Jonson, T.W. (1956) The Genus *Achlya*: morphology and taxonomy. university of Michigan Press, Ann Arhor.

↬ Lang, L.L.W. Olson , and K.M. Safeaulla. (1948). Pearl Millet Downy Mildew (Sclerospora Grminicola) Zoosporogenesis Protoplasma 119:178-182.

↬ Longman, D., and J.A. Callow (1987). Specific Saccharide Residues are Involved in the Kecognition of Plant Root Sufaces by Zosspores of *Pythium Aphanidermatum*. Playsiol. Mol. Plant Path 30:139-150.

↳ Money, W. P. and J. Webster. (1989). Mechanism Of Sporangial Empty In Saprolegnia Mycol. Res. 92:45-49.

↳ Fuller, M,s. and A. Jaworskki, eds. (1987), Zoosporic Fungi in Teaching and Research. Southeastern, Athes, GA.

↳ Pfyffer, G.E., C.Boraschi – Gaia, B,weber, L. Hoeasch, C.G. Orpin. and D.M. Rast (1990). A Further Report on the Occurrence of Acyclic Sugar Alcohols in Fungi. Mycol.Res. 94:219-222.

↳ Sparrow, F.k. (1973). Lagenediales. PP.158-164. In The Fungi, an Advanced Treatise. eds G.C Ainsworth, G.C. Sparrow, and F.K. Sussman. Academic Press, New York.

↳ Ainsworth, G.,C. Sparrow, and F.k. Sussman (Ed) (1976). The fungi. An Advanced Treatise. Academic Press. New York.

↳ Spences, DM (ED) (1981). The downy milews. Academic, New York.

## ٣-٢ شعبة هيفوكتريوميكروتا
## Phylum Hyphochytriomycota

أعضاء هذه الشعبة تستوطن الماء أو التربة، تعيش متطفلة على الطحالب أو الفطريات أو تترمم على بقايا النباتات والحيوانات.

لسنوات طويلة خلت، وضعت كل الأشكال ذات الأسواط بما فيها الفطريات الكتريدية معاً، والآن، فقد اتضح أن كل منها يبعد عن الآخر مسافة تطورية كبيرة.

هي مجموعة صغيرة نسبياً، لا يتجاوز عدد ما عرف من أنواعها ٣٢ نوعاً، وبالرغم من ذلك فإن هناك تبايناً شكلياً واضحاً بين الأنواع والذي ينعكس على تقسيمها في أربعة أو خمسة أجناس توضع في ثلاثة فصائل تضمها جميعاً رتبة واحدة هي رتبة هيفوكيتريالات Order Hyphochytriales.

يبدي ثالوس الهيفوكتريالات مراحل تطورية مختلفة ففي الأنواع كلية الإثمار holocarpic، فالثالوس داخلي المعيشة، والذي يتحول جميعه إلى كيس جرثومي zoosporangium. وفي الأنواع حقيقية الإثمار، يتركب الثالوس إما من عضو تكاثري مفرد يحمله نظام جذري متفرع، أو أنه قد يكون متعدد المراكز Polycentric، يتركب من هيفات متفرعة مقسمة، وقد ثبت وجود الشيتين والسليولوز في جدر الثالوس.

وبالرغم من التباين الشكلي بين أنواع هذه الشعبة، إلا أن دورة الحياة اللاجنسية تبدو متماثلة بصورة مدهشة فبعد فترة من السباحة النشطة، تتحوصل الجراثيم السابحة وترتدي جداراً، وذلك على أحد الطبقات التحتية المناسبة أو العائل سيء الحظ الذي صادفته، حيث تتحول إلى ثالوس أو يخترق بروتوبلاستها خلية العائل. يتحول الثالوس الناضج إلى كيس إسبورانجي لا غطائي يحوي بداخله جراثيم مسوطة ذات سوط وحيد

أمامي بهرجاني الطراز، وهذه سرعان ما تنطلق من كيسها عبر أنبوبة إخراجية فتعيد بذلك دورة الحياة.

لم يعرف لأي من أعضاء هذه الشعبة أي شكل من أشكال التكاثر الجنسي، إلا أنه يتوافر من الأدلة ما يشير إلى انه في النوع *Anisolpidium ecatocarpii* وهو كلي الإثمار يتطفل على الطحلب البني *Eutacarpus mitchellea*، لوحظ حدوث اقتران نووي بعيد الاقتران السيتوبلازمي بين الثالوسات المتقاربة على العائل الطحلبي. تعمل نواة اللاقحة على الانقسام المتتالي وتبدأ في إحاطة نفسها بجدار سميك، حيث يعمل هذا التركيب على حماية الكائن طوال الشتاء، ثم ينبت معطياً الجراثيم السابحة. كما ثبت في أنواع أخري وجود ما يسمي بالجرثومة الساكنة سميكة الجدار، ويجدر الذكر إن الانقسام الاختزالي لم يشاهد بعد في أي من هذه الأنواع بما فيها النوع الموصوف.

## التقسيم:

لفترة طويلة وضعت الهيفوكتيربالات مع الفطريات الكيتريدية بالرغم من التباين الشديد في تركيب السوط في كل منهما فهو في الأولى إما في بهرجاني الطراز وفي الثانية خلفي كرباجي الطراز. ومع اكتشاف أنواع جديدة، لفت إليها الانتباه. إلى أن تم وصفها في مملكة الكرومستا.

تحوي الشعبة رتبة واحدة، تقسم إلى ثلاث فصائل طبقاً للمفتاح التالي:

١- الثالوس داخلي المعيشة، يتركب من خلية واحدة ليس لها أشباه جذور

Family Anisolpdiaceae

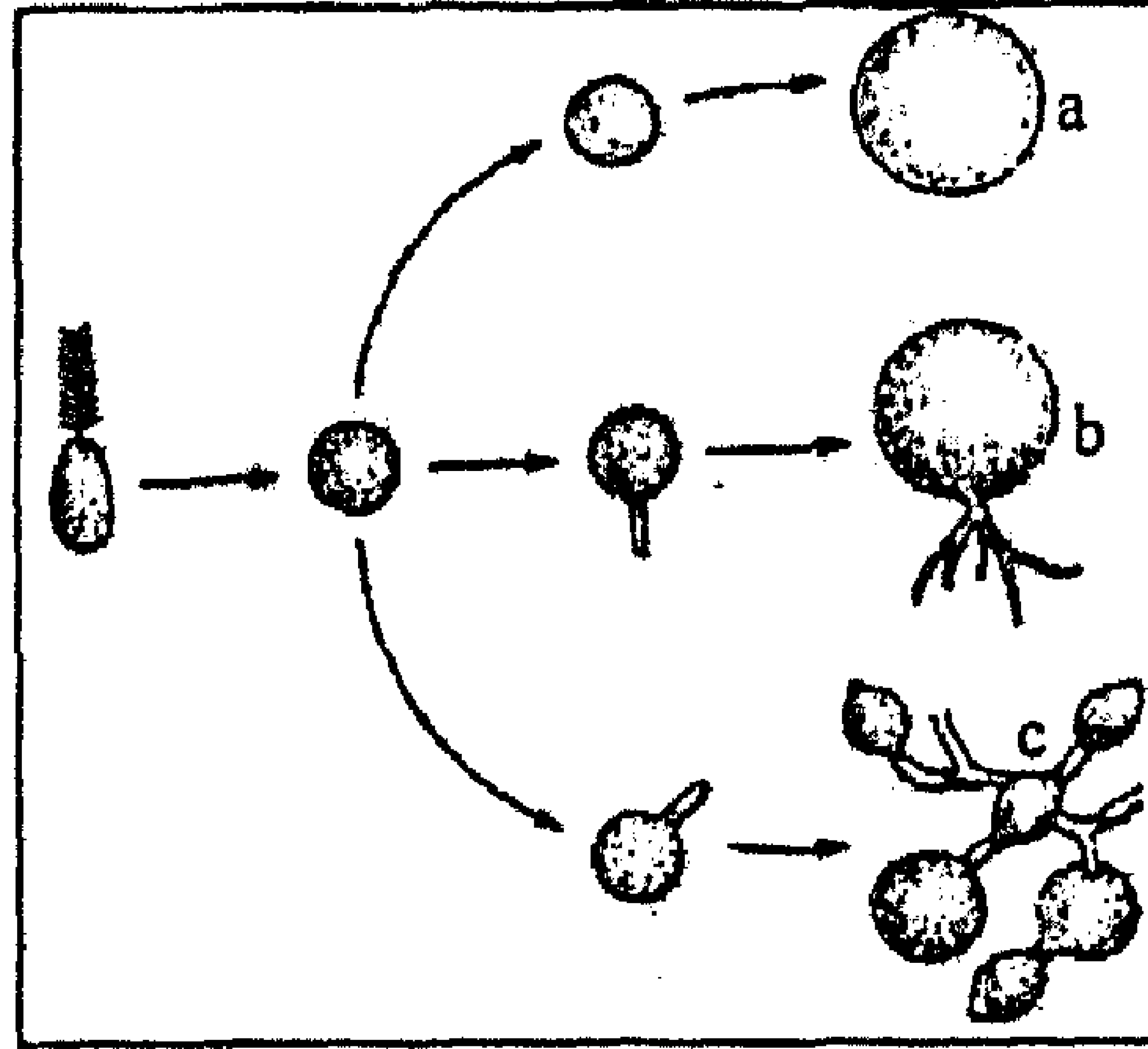
١١- الثالوس خارجي المعيشة

(٢) الثالوس خلية واحدة وحيدالمركز ذو أشباه جذور

Family Rhizidiomycetaceae

(٢) الثالوس متعدد المراكز Family Hypochytriaceae

ويوضح (شكل رقم ٣-٢-١) مخطط يمثل مراحل تطور الثالوس في شعبة الهيفوكتريالات.




شكل رقم (٣-٢-١) مراحل تطور الثالوس في رتبة الهيفوكتريالات

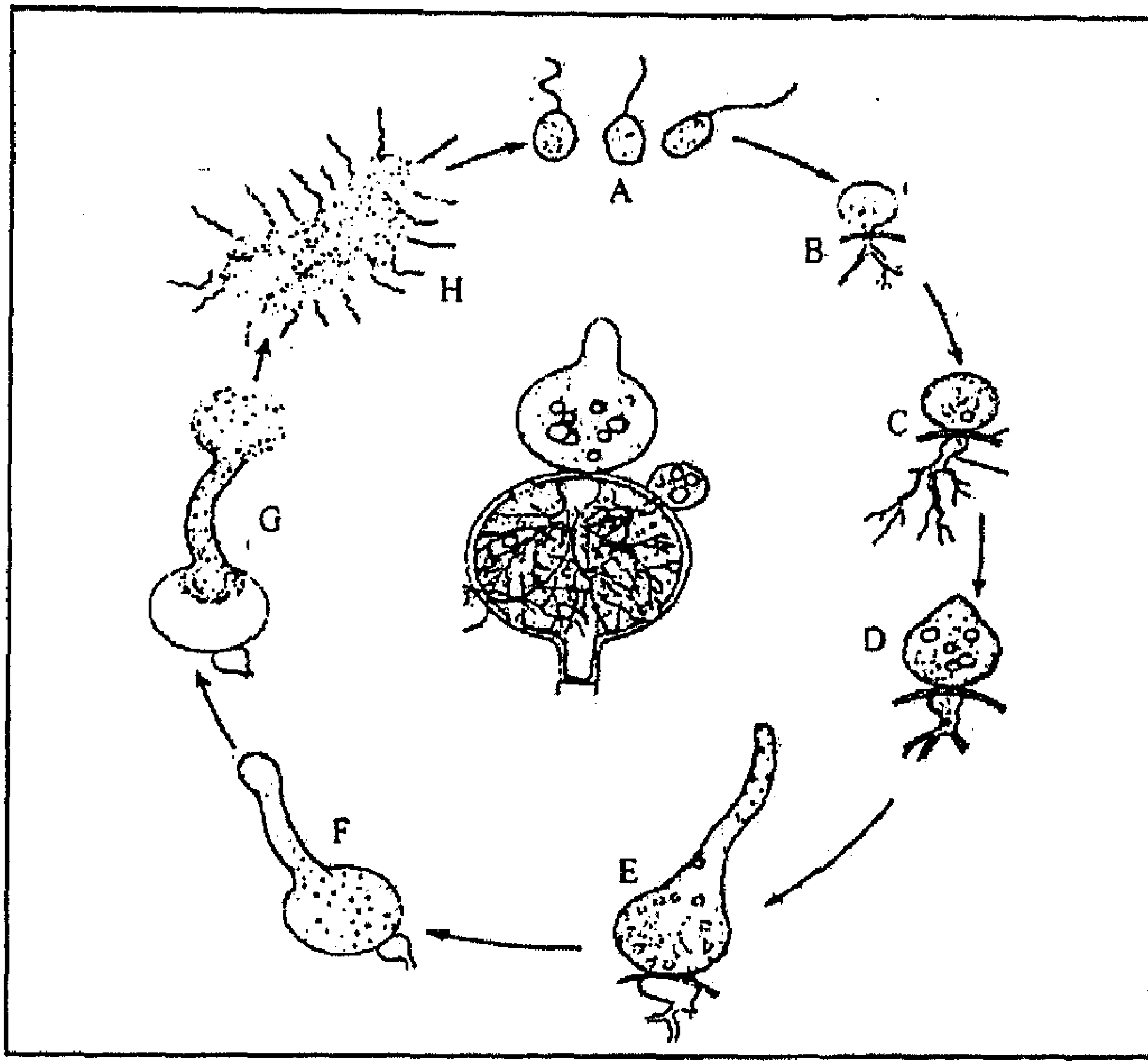
A) الفصيلة الانيزولبيدية

B) الفصيلة الريزويديوسبيتيه

C) الفصيلة الهيفوكتيربية

يعد النوع *Rhizidiomyces apophysatus* المتطفل على الجراثيم البيضية لأعفان الماء من الفصيلة السابروليجينية Fam. Saproleginiaceae وكذا على الطحلب الذهبي فوشيريا Vaucheria، كما امكن عزله من التربة ومن حبوب لقاح الصنوبر من أفضل ما درس من الأنواع. وقد وصفت دورة الحياة كما يلي: تسبح الجراثيم لفترة قبل أن تسكن، تنبت لتعطي الجزير الأولى، الذي يخترق العائل ثم يتفرع داخله، وفي هذه المرحلة يتكون انتفاخ فوق الجذر مباشرة داخل الجرثومة البيضية (المرحلة c من دورة الحياة) (شكل رقم ٣-٢-٢). ومع زيادة حجم الانتفاخ يتكون ما يسمي apophysis. تنضج الحوصلة

خارج العائل لتعطي الكيس الإسبورانجي، ومع نضجه، استعداداً لانسياب الكتلة الجرثومية السابحة، حيث تظهر حلمة مع أنبوبة إخراجية من جدار الكيس، يتحرك إليها البروتوبلاست، تنتفخ طرف الأنبوبة وتتحول إلى حافظة vesicle والتي سريعاً ما تمتلئ بالبروتوبلاست عديد النوى عديد الأسواط غير المنشق، سرعان ما يتشقق معطياً الجراثيم السابحة، وهذه تبدأ السباحة مبتعدة.




شكل رقم (٣-٢-٢) مراحل دورة حياة النوع *Rhizidiomyces apophysatus*

A) الجراثيم السابحة. B) الإنبات وإصابة العائل.

C) تطور الطفيل وتكوين أشباه الجذور والمكون المنتفخ فيها apophysis داخل خلية العائل.

D) كيس اسبورانجي صغير. E) الكيس الإسبورانجي حيث تكونت أنبوبة الإخراج.

F) مرحله متأخرة وخروج الحلمة papilla.

G) خروج البروتوبلاست. H) كتله الجراثيم السابحة.

## مراجع للاستزادة


- Clay,R,R,N. Penhamou and US. Fuller (1991). Ultrastructural Detection of Polysaccharides in The Cell Walls of Two Member, of the Hyphochytriales. Mycol. Res. 95:1057.1064.

- Fuller M.S. (1962) Growth and Development of the Water Mold *Rhizidiomyces* in Pure Culture. Am. J. Bot. 49.64.71.

- Fuller M.S (1990) Phylum Hyphochyltriomycota, Pp.380-387 In Handbook of Protctista. eds L.Margulis, J.o.Crliss , M.Melkonian, and D.J. Chapman. Joner and Bartlett , Boston, M.A.

- Krling ,J.S. (1943) The Life History of *Anisolpidium ectocarpi*. nov. et. sp. nov, and a synopsis and classification of other fungi with interiorly uniflagellate zoospores. Am.J.Bo.30:637-648.

- Sparrow, F.K. 1960 Aquatic Phycomycetes: University of Michingan Press AnnArbor , MI

## ٣-٣ شعبة لابيرانثيولوميكوتا

## Phylum Labyrinthulomycota

### الأعفان الهلامية الشبكية

تضم الشعبة ثمانية أجناس تحوي ما يزيد عن الثلاثين نوعاً، تتوزع على فصيلتين هما الفصيلة اللابيرانثيولية Labyrinthulaceae (جنساً واحداً) والأخرى هي الفصيلة الثراوستوكتيرية Thraustochytriaceae والتي تضم بقية الأجناس، والفصيلتان تضمها رتبة واحدة هي رتبة اللابيرانثيولات Ordre Labyrinthulales.

يمتاز الجنس الوحيد بالفصيلة الأولى بأن خلاياه عارية، وحيده النواة، مغزلية الشكل (شكل رقم ٣-٣-١). ولا يختلف الأمر في أجناس الفصيلة الثانية عن ذلك كثيراً، إلا أن خلاياها تأخذ أشكالاً أخرى، عدا كونها مغزليات.



شكل رقم (٣-٣-١):

الخلايا المغزلية في العفن الهلامي الشبكي جنس *Labyrinthula* ويشير السهم للدروب الهلامية الاكتوبلازمية التي تحيط بالخلايا. يلاحظ اتجاه الخلايا جميعها للأمام.

تعمد الخلايا في الفصيلة الأولى على الاتصال العضوي ببعضها البعض عن طريق خيوط هلامية تنزلق الخلايا عليها أو داخلها. وتعطي هذه الخيوط معاً شبكة. تفرز هذه الخيوط الاكتوبلازمية عن طريق عضية توجد على سطح الخلية أطلق عليها bothrosome أو sagenogen.

في هذه المنطقة المفرزة للخيوط الهلامية توجد سداده كثيفة لمادة سيتوبلازمية وهذه يبدو أن عملها الأصلي هو منع انسياب عضيات الخلية إلى خارجها.

لم تعرف الطبيعة الدقيقة لمكونات الشبكة الهلامية على وجه الدقة، إلا أنه يبدو أن لها دوراً في حركة الخلايا الجسدية وفي التغذية، والالتصاق والاتصال العضوي بين الخلايا. وفي حالة الكائن المتطفل على النبات البحري *Zostra marina* وهو النوع *L. zosterea* فقد وجد أن الشبكة الهلامية تشترك في عملية تحليل جدار الخلية النباتية وبذلك تسرع من حركه الخلايا المغزلية في الولوج لداخل النبات العائل.

تتكاثر الخلايا في وجود وفره من الغذاء المناسب، الانقسام النووي الفتيلي يعقبه الانقسام الخلوي، وتحت ظروف المعاناة، قد تتحوصل لتستطيع تخطى الظروف غير المواتية.

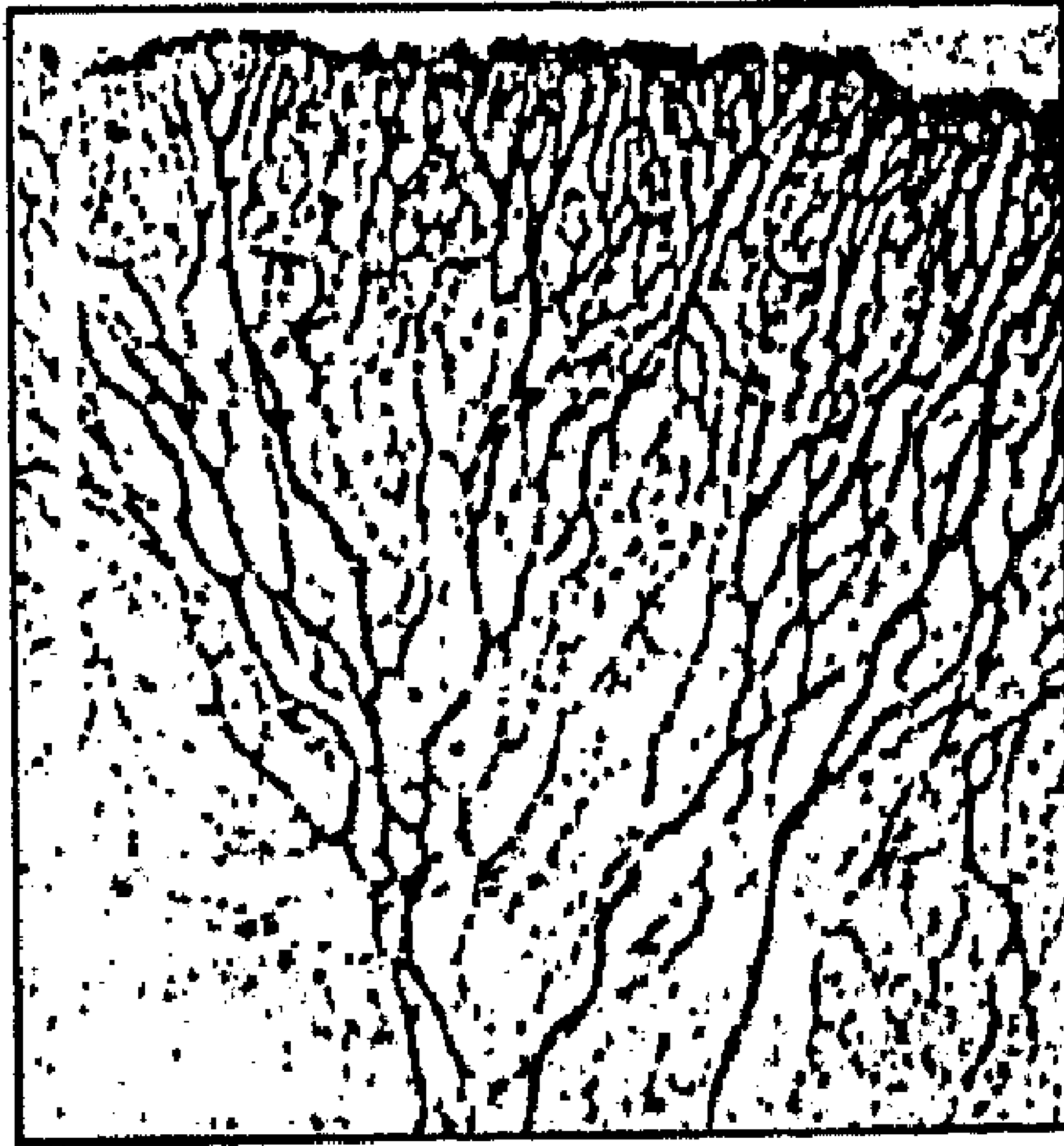
تعيش غالبية الأنواع في مياه البحار أو المياه العذبة على صلة طفيلية أو رمية مع الطحالب وعلى الأخص خس البحر *Ulva*، إلا أنه من المثير معرفة أن بعضها يغزو خلايا بعض النباتات الوعائية كما أنه يتواجد على المخلفات العضوية.

تعيش غالبية الأنواع كمترممات أو متطفلات ضعيفة وتتغذى عن طريق الامتصاص.

يكثر عدد الخلايا بالانقسام الميتوزي. فتنشأ المستعمرة (شكل رقم ٣-٣-٢) وهي أكثر المراحل تمييزاً في حياة أفراد هذه الشعبة، فعندما تتزايد الأعداد تعمد كل خلية على

إفرازها خيطاً هلامياً طويلاً من كل طرف لها، وتتأرجح هذه الخيوط، وتبدو أنها بلا هدف، حتى تستشعر مصدراً مناسباً للغذاء فتتجه إليه، هل هذه مرحلة بدائية لتطور الأسواط أم أنه مرحله متقدمة منها؟ يؤدي تلامس الخيوط لتكوين شبكة من مسالك ودروب هلامية، تتحرك عليها الخلايا بالانزلاق إما عليها أو داخلها ويوجد المشاهدات ما يبرر أن هذه الخيوط ما هي إلا أقدام كاذبة.

تؤكد بعض الدراسات على أن بعض الخلايا كبيرة الحجم (؟)، قد تتحوصل. لتعطي كل منها ما يسمي بالحوصلة الجرثومية Sporocyst تحيط نفسها بغلاف هلامي، تتميز داخلها مجموعه من ٦ أو ٨ جراثيم، وأحياناً أكثر، تحيط الحويصلات نفسها بأغلفة مخاطية (الكأس السكري) وتنشأ تبعاً لذلك أنبوبة هلامية تحتوى على عدة حويصلات جرثومية.



شكل رقم (٣-٣-٢) منظر عام لمستعمرة الهلام الشبكي *Labyrinthula sp.*

تتحرر الجراثيم، فتبدو ثنائية الأسواط، أحدهما طويل يتجه للأمام بهرجاني الطراز والآخر قصير كرباجي الطراز يتجه إلى الخلف ويظهر كلا السوطين من جانب الجرثومة السابحة. تسبح الجرثومة لبضع ساعات في الماء ثم تفقد سوطيها وتواصل الانقسام بنشاط،

ويعطي غلافها خيطاً هلامياً كبداية لمستعمرة جديدة.

**التقسيـــم:**

تقسم رتبة اللابيرانثيولات لفصيلتين، طبقاً لمفتاح التقسيم التالي:

أ – الطور المغتذي مغزلي الشكل، ينزلق عبر قنوات من شبكة اكتوبلازمية

Fam. Labyrinthulaceae

أأ– الشبكة الجذرية داخلية التطفل rhizoidal endobiotic net وخلايا الطور المغتذي ليست مغزلية

Fam. Thraustochytriaceae

## ٣-٣-١ الفصيلة اللابيربنثولية

## Family Labyrinthulaceaea

تضم الفصيلة جنساً واحداً هو الجنس *Labyrinthulla* الذي ينتمي إليه ثلاثين نوعاً، أكثرها انتشاراً *L.algeriensis, L.vitellina, L.minuta, L.macrocystis*، يعيش أساساً في البيئة البحرية، إلا أن بعض الأنواع تعيش معيشة أرضية منها الأراضي الملحية، كما تهاجم جراثيم الفطريات المصاحبة للجذور، والأنواع البحرية تكون مصاحبة لبعض مغطاة البذور من جنس *Spartina, Thallasia* وكذا الطحالب والدياتومات والبقايا العضوية. ويهاجم النوع *L.zosterea* النبات البحري *Zostera marina* الذي يعمل كحاضنة للأطوار اليرقية للجمبري والمحار والمحار المروحي Scllop.

يمكن عزل وتنمية أنواع جنس *Labyrinthula*، توضع بقايا النبات البحري على وسط غذائي مخفف صلب لماء البحر وبذلك يمكن عزلها وتحفظ في مزارع تحوي بكتريا القولون *E.coli* أو فطر الخميرة *Rodotorula balida*. وينمو الكائن إما على سطح الآجار أو داخله.

تتغطي الخلايا بطبقة رقيقة، تنشأ من حوافظ جهاز جولجي وتزحف الخلايا دائماً في اتجاه واحد في سلسة وتتجه غالباً في حركتها نحو حافة المستعمرة. وتتحرك الخلايا بمعدل ١٠٠ ميكرومتر/الدقيقة، ويبدو أن حركة الخلايا ترجع إلى انقباض نظام انقباض من بروتين يشبه الأكتين.

أمكن ملاحظة التكاثر الجنسي في النوع *L.vitellina* حيث تتجمع الخلايا الجسدية داخل الشبكة الاكتوبلازمية لتعطي بثرة شبكية reticulate sori تستدير الخلايا المغزلية وتستطيل. وخلال مرحلة الإنقسام ينشأ زوج السنتريول (الجسم المركزي) ويتجه نحو قطبي النواة في النهاية تتحول الخلية إلى اسبورنجيا. وقد شوهد synaptonemal complexes (التي تعد علامة على حدوث الانقسام الاختزالي) مصاحبة للانقسام الأول لنواه الخلية، مما يؤكد على أن أول انقسام النواة هو اختزالي. ويحدث تكوين الخلايا البنوية مباشرة بعد الانقسام ثم يتوالى الانقسام وظهور الخلايا حتى يصبح عدد الخلايا ثمانية كل منها عبارة عن جرثومة سابحة، وتعرف عملية التمايز الخلوي بعد الانقسام النووي المتتالية Successive bipartition. مثل هذا السلوك الخلوي نادر الحدوث في الكائنات الشبيهة بالفطريات، ولم يشاهد له مثيل في الفطريات الحقيقية.

الجرثومة السابحة عديمة الجدار، ذات سوطين مختلفين وكل جرثومة تحوى بقعة عينية eyespot وتظهر الجراثيم انتحاء ضوئي موجب وتتحول إلى خلية مغزلية تختفي فيها البقعة العينية والجسم المركزي.

## ٣-٣-٢ الفصيلة التراوستوكترية

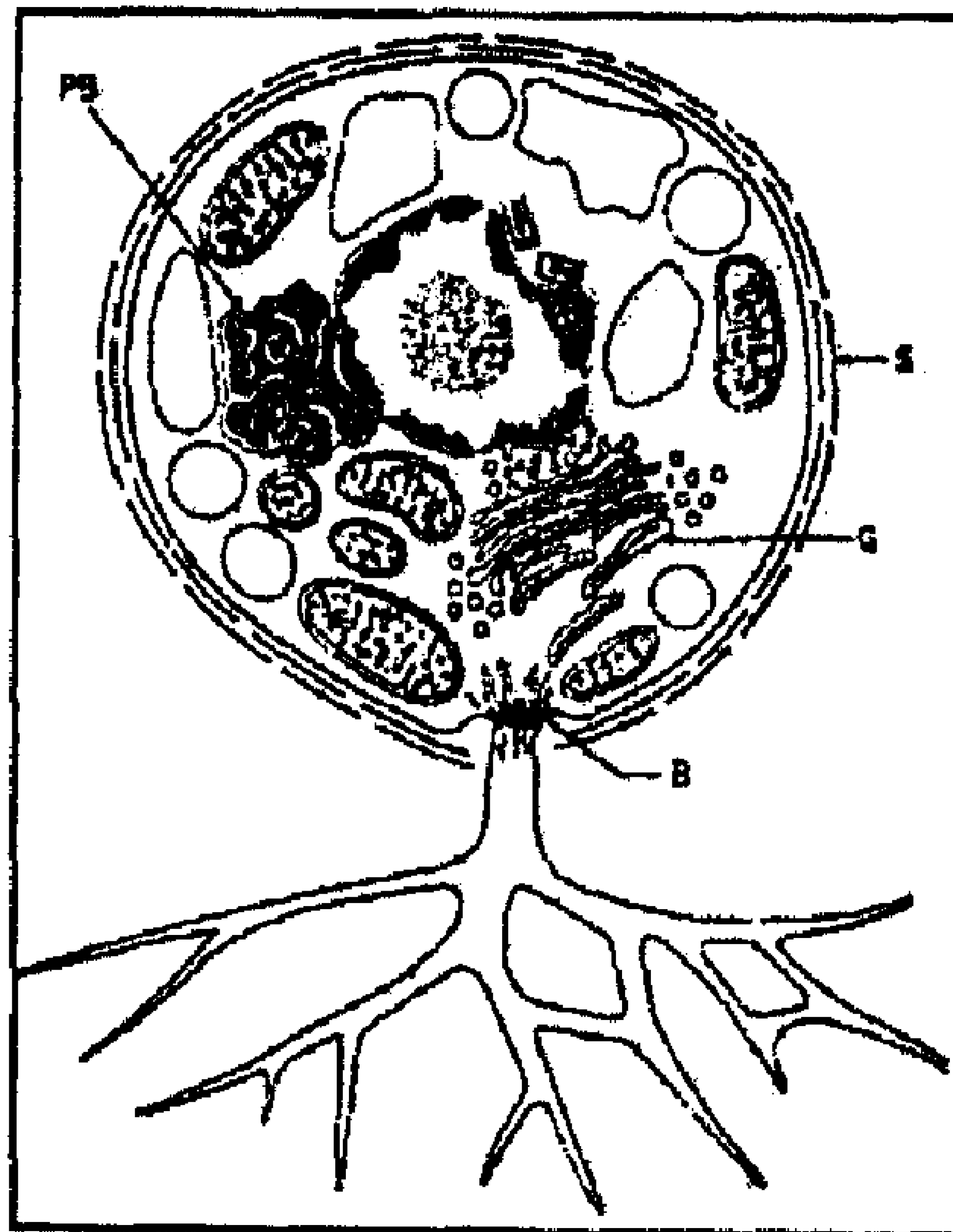
## Family Thraustochytriaceae

تضم الفصلية التراوستوكتريية عشرة أجناس تشتمل على ثلاثين نوعاً، ينتمي نصفها على الأقل للجنس *Thraustochytrium*. وبالإضافة لجنس ثراوستوكيتريوم توجد الأجناس

*Schizochytrium, Aplanachytrium, Labyrinthuloides, Japonochytrium, Oiplephrys, Corallochtrium, Althornia, Ulkenia, Elina*.

الكـثير مـن أفـراد هـذه الفصـلية فـوقي المعيشـية epibiotic، أحـادي المركـز monocentric، والثالوث في الأغلب الأعم هو تركيب كروي محاط من الخارج بعدة طبقات متناهية الرقة ناتجـة عـن مفرزات جهـاز جـولجي. يتركـب الجـدار فـى الأنـواع التـى تم دراستها مثل *Schizochytrium, Aggregatum, Thraustochytrium motivum* من مادة ل – جلاكتوز هذا بالإضافة للجلاكتان المكبرت في بعض أنواع جنس *Thraustochytrium*.

يلتصق الثالوس الكروي بالطبقة التحتية عن طريقة تكوينه لشبكة اكتوبلازمية تعـرف بأشباه الجذور. وتظهر هذه الشـبكة مـن الجانـب القاعـدي للثـالوس (شـكل رقـم ٣-٣-٣) ويبدو أنها تنشأ من واحد أو أكثر من الأجسام البوثروسـومية bothrosomes والـتي تتشـابه شـكلياً مـع تلـك الناتجـة مـن الخلايـا المغزليـة للجـنس *Labyrinthula*، إلا أن الخيـوط الاكتوبلازمية في هذه الفصيلة ليست بالكثيفة ولا تغلف الخلايا ذاتها.

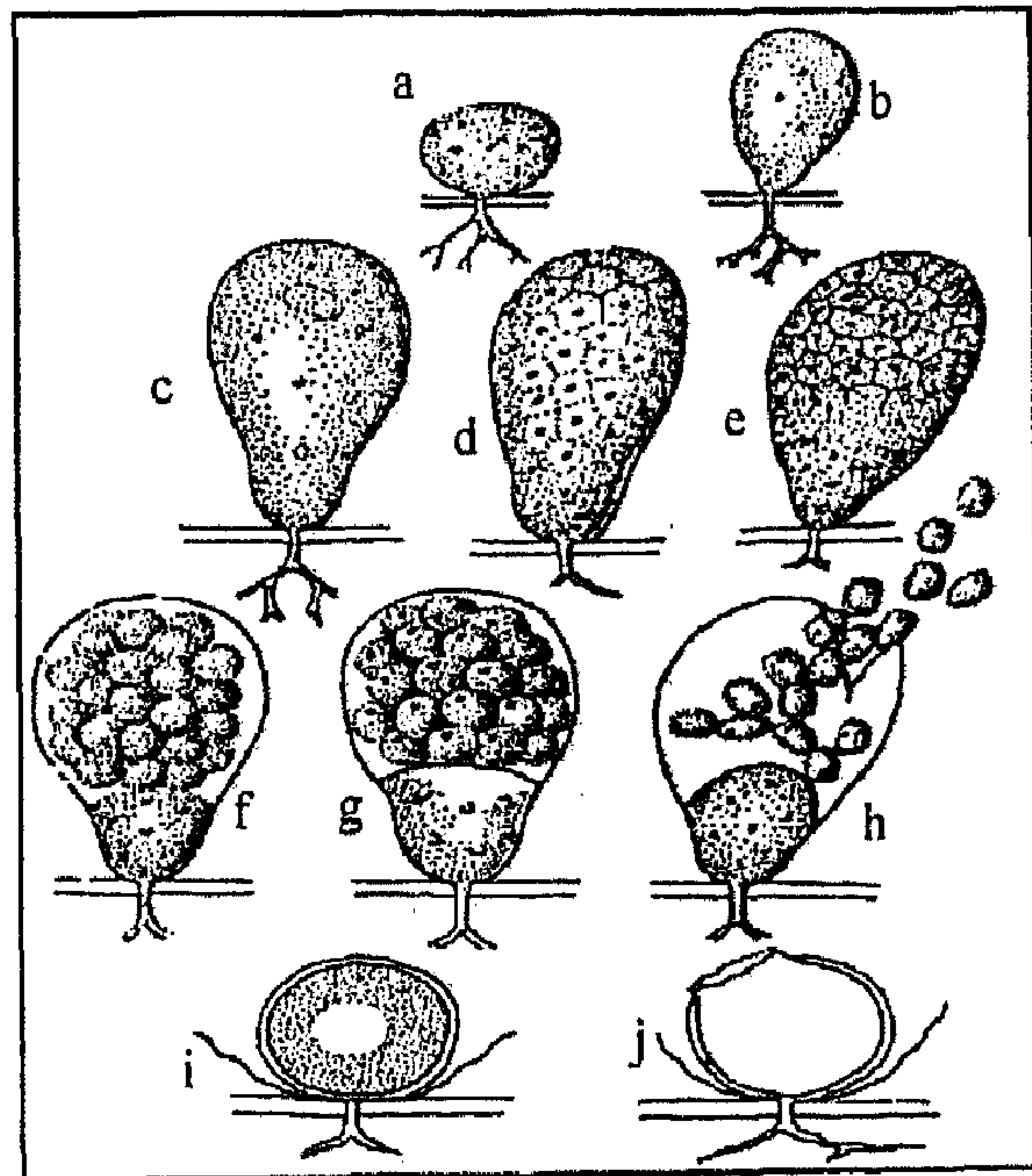



شكل (٣-٣-٣) : ثالوس الكائن ثراستوكيرتوم

S) حراشيف الجدار الخلوي. G) جهاز جولجي.

B) الجزء القاعدي للجسم البوثري. PB) الأجسام الجنب نووية.

لم يشاهد حتى الآن أية صورة من صور التكاثر الجنس في الفصلية التراستوكتربية، وكذا البقعة العينية eyespot. وتتكاثر غالبية الأنواع لاجنسياً عن طريق إنتاج جراثيم سابحة ذات سوطين متباينين (كرباجي - بهرجاني). تنشأ الجراثيم مباشرة من الثالوس الخضري والذي يتحول إلى كيس اسبورانجي. وبعدها تنساب الجراثيم من الكيس، تسبح لفترة، ثم تتوقف عن السباحة بعد ترسبها على الطبقة التحتية المناسبة، تفقد أسواطها ثم تتطاول لتعطي ثالوس جديد يحيط نفسه بجدار ينتج عن مناشط جهاز جولجي، ويعتقد أن دورة حياة الكائن تكمل في ٢٤ ساعة (شكل رقم ٣-٣-٤).




شكل (٣-٣-٤) دورة حياة الكائن *Thraustochytrium proliferum*

a,b,c) الثالوس.

d,e,f,g) مراحل تمايز وتكوين الجراثيم السابحة.

h,i,j) الكيس الإسبورانجي بعد انطلاق الجراثيم السابحة وبدء تكوين ثالوس جديد.

تختلف الأنواع التابعة الجنس *Labyrinthuloides, Aplanochytrium* عن ما سبق وصفة، إذ أنها لا تعطي أية جراثيم مسوطة، وبدلاً من ذلك فإنها تعطي جراثيم أو خلايا تتحرك على سطوح شبكات اكتوبلازمية تعطيها كل خلية منفردة وتوصف حركة الخلايا على سطوح شبكات اكتوبلازمية تعطيها كل خلية منفردة. وتوصف حركة الخلايا في الجنس *Labyrinthuloides* بأنها Jerky, gliding motility. وتعطي أفراد جنس *Aplanochytrium* ثالوساً كروياً مفرداً، وحيد المركز يشبه ما ينتج في غالبية أفراد هذه الفصيلة، أما أفراد جنس *Labyrinthuloides* فالخلايا مفلطحة، كثيرة العدد، لكل خلية شبكية اكتوبلازمية خاصة بها، تتحول هذه الخلايا إلى أكياس إسبورانجية تنطلق منها خلايا جديدة غير مسوطة.

تتواجد وتكثر افراد الفصيلة التراستوكثيريية في مياه البحار وعلى الأخص حول مصبات الأنهار في كل أجزاء العالم، الكثير منها يعيش مترمماً على البقايا العضوية، وبعضها متطفلات إماتية لأنواع المحاريات اللاصدفية ومنها عديمة الأفرع Nudibranches والإخطبوط Octopi والحبار Squids. كما أمكن عزل بعضها من القناة الهضمية لقنافذ البحر echinoderms ومن الإسفنجيات إلا أن طبيعة العلاقة بين أفراد هذه الفصيلة وهذه الكائنات البحرية لم تتضح معالمها بعد.

ولعزل وتنقية هذه الكائنات معملياً، تستخدم حبوب اللقاح الطافية على سطح الماء كمصايد لها. تنقل هذه الحبوب إلى أوساط غذائية أجارية وتعتبر أفضل الأماكن لعزلها هي شواطئ مصبات الأنهار الملوثة والغنية في محتواها من المادة العضوية وليست البحار العميقة بعيداً عن الشواطئ. وتعتبر النباتات الوعائية البحرية المتحللة وكذا الطحالب من أفضل المصادر لعزل بعض الأنواع مثل أفراد جنس *Thraustochytrium*، وقد ظهرت بعض

الأعمال العلمية التي تؤكد على أن بعض أنواع التراوستوكيتريية تتطفل على بعض أنواع الفقاريات البحرية ، كما أنها تستوطن وتحلل الشعاب المرجانية التي تتركب من كربونات الكالسيوم .

## مراجع للاستزادة

- Amon,J.P (1978) Thraustochytrids and Labyrinthulids of Terrestial, Aquatic and Hypersaline Envivonments of the Greatsaltr lake, USA Mycologia-70.1299.1301

- Chamberlain,A.H..L. (1980) Cytochemial and Ultvas. tructural studies on the Call Wall of *Throwstochytrium* spp Bot. Mar.23 : 669. 677

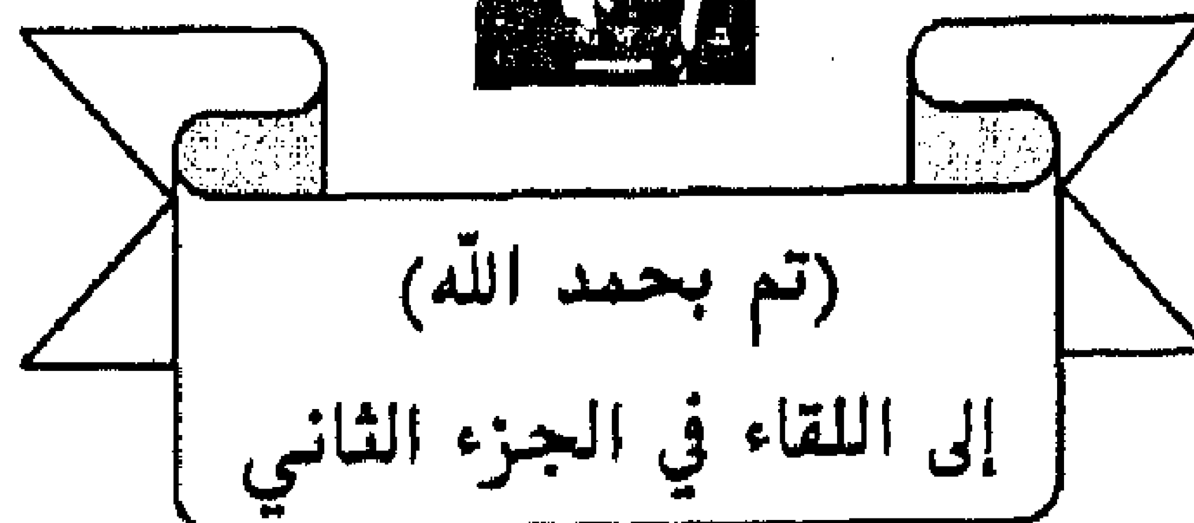
- Perkir.S.F.O (1976) Fine structuve of Lower Mavine and Estuarine Fungi pp.279-312. In Recent Advances in Aquatic Mycology. Ed.E. B.G Jones Wiley New York.

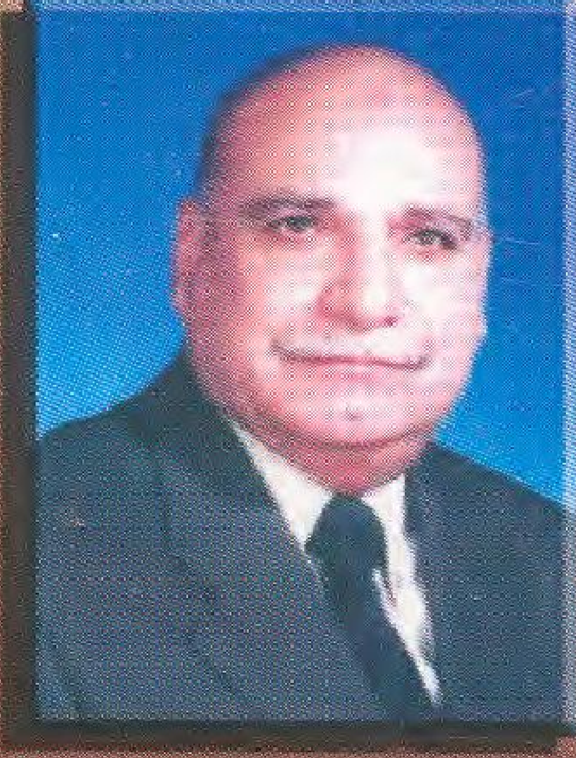
- Porter,Q( 1972) Cell Divison in the Marine Slime Mold Labyrinthula sp. and the Role of Bothrosome in Extracellular Membrare Production Photoplasma 74: 27-448

- Raghukmar, C.S. Nagarkar ,and S.Raghukumar. (1992). Association of *Thraustochytrids* and Fungi With Living Marine Algae. Mycol.Res 96 : sus-549-6.

- Renn,C.F (1936) The Wasting Disease of *Zostera marina* in Phytological Investigation on the Diseased Plant Biol. Bull 70: 748-758.







الفطريات أحد أهم المجموعات الأيكولوجية التى حباها الله بقدرات تحليلية هائلة فأصبحت بحق حراس الطبيعة. وبرغم أن هذه المجموعة الأيكولوجية تضم أنواعا ممرضة للانسان والحيوان والنبات، إلا أن هذه فى مجموعها لا تتعدى جزءا يسيرا من إجمالى عدد فطريات المعروفة.

ومع تقدم المعارف الخاصة بنقل الجينات أصبحت الفطريات أحد أهم أدوات هندسة الجينات وذلك لإنتاج عدد هائل من المركبات ذات الأهمية الحيوية.

لذلك، فقد تركز اهتمامى حول هذه المجموعة الأيكولوجية وعلى الأخص حول التقسيم الحديث لها، والممالك التى تضمنتها شعب الفطريات.

لقد تعمدت كتابة "شعب الفطريات" على شكل أجزاء، وهذا الذى بين أيدينا هو الجزء الأول والذى يتضمن مقدمة حول الفطريات ومناشطها الفسيولوجية، ومملكة الفطريات التابعة لمملكة البروتوزوا، وشعب الفطريات التابعة لملكة الكروميستا.

لقد تركز اهتمامى فى هذا الكتاب على مفاتيح تعريف الرتب والفصائل والأجناس والأنواع حتى يسهل على المشتغل بهذا العلم أن يصل إلى مبتغاه.

وأخيرا.....نأمل أن يكون هذا الكتاب إضافة جيدة للمكتبة العربية.

والله ولى التوفيق،،،،

المؤلف




**مكتبة أوزيريس**

٥٠ ش قصر النيل - القاهرة
ت/ ٣٩١١٤٨٩
e.mail: osiris@menanet.net